

## Pavlonya Odununun Tutkallı Lamine Kereste Üretiminde Orta Tabakada Kullanım Olanakları

Türker DÜNDAR<sup>1</sup>, \*Alperen KAYMAKCI<sup>2</sup>, Ayberk AYDOĞMUŞ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>İstanbul üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, 34473, İstanbul

<sup>2</sup>Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, 37100, Kastamonu

<sup>3</sup>İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, 35000, İzmir

\*Sorumlu yazar: akaymakci@kastamonu.edu.tr

Geliş tarihi: 10.08.2016

### Özet

Bu çalışmanın amacı hızlı gelişen ve görece düşük kalitede bir oduna sahip olan pavlonya (*Paulownia elongata* S. Y. Hu)'nın lamine yapı kerestesi üretiminde orta tabakalarda kullanılma olanaklarının araştırılmasıdır. Böylece ekonomik değeri düşük olan pavlonya odununun katma değeri yüksek bir ürüne dönüştürülmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla 10×110×1000 mm ölçülerinde lameller ve poliüretan tutkallı kullanılarak ortadaki üç tabakası pavlonya, alt ve üst yüzey tabakası sarıçam olmak üzere 5 tabakadan oluşan 5 adet deney örneği üretilmiştir. Karşılaştırmak amacıyla tamamı sarıçam lamellerden oluşan 5 adet kontrol örneği üretilmiştir. Üretilen deney örnekleri üzerinde yoğunluk, eğilme direnci ve eğilmede global elastikiyet modülü denemeleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar laminasyonda orta tabakada pavlonya kullanılan örneklerin yoğunluk değerlerinin önemli oranda azaldığını, buna karşın eğilme direnci ve eğilmede global elastikiyet modülü değerlerinde istatistik olarak anlamlı bir kayıp meydana gelmediğini göstermiştir. Sonuç olarak laminasyonda dolgu malzemesi olarak orta tabakada pavlonya kullanılmasının yapısal bakımdan avantaj sağlayan hafif, buna karşın yeterli dirence sahip yapı elemanlarının üretimine imkân sağlayacağı ve ekonomik değeri düşük pavlonya odununun ekonomik değeri yüksek bir ürüne dönüştürülebileceği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pavlonya, sarıçam, lamine yapı kerestesi, eğilme direnci, eğilmede global elastikiyet modülü.

### Utilization of Paulownia Wood as Core Layer in Glued Laminated Timber

#### Abstract

In this study, we aimed to investigate the potential usage of paulownia wood (*Paulownia elongata* S. Y. Hu) as core layer in laminated structural materials. It was intended to manufacture a value added product from an undervalued wood material. Five-ply laminated specimens (50×110×1000 mm) of which inner layers were paulownia and surface layers were scots pine have been manufactured by using polyurethane glue. For comparison, control specimens of which all the layers were scots pine have also been manufactured. The thickness of the lamellas of the specimens was 10 mm. The basic density, bending strength and modulus of elasticity in bending tests were performed on the specimens. The results showed that the mean density of the specimens containing paulownia significantly decreased as compared to the control specimens. However, no significant effect of paulownia on the modulus of rupture and modulus of elasticity was observed. It was concluded that it might be possible to manufacture lightweight laminated structural members with adequate strength and stiffness by using paulownia in the inner layers of lamination. This also allows to convert an undervalued raw material into a value-added product.

**Keywords:** Paulownia, Scots pine, glulam, bending strength, modulus of elasticity.

#### Giriş

Günümüzde modern dünya ormancılığının büyük bir bölümünü plantasyon ormancılığı oluşturmaktadır. Yaşlı ağaçların bulunduğu doğal ormanlar, dünyadaki artan talebe bağlı olarak çok miktarda hasat ve tahribatlar sonucu hızla azalmakta ve bu kayıplar plantasyonlarla telafi edilmeye çalışılmaktadır. Bu durum, endüstriyel odun hammaddesi gereksiniminin büyük oranda insan eliyle yetiştirilen ormanlardan temin edilmesi anlamına gelmektedir. Bu gibi ormanlarda yıllık artım; aralama, sulama, gübreleme, drenaj, budama, bakım kesimleri vb. tedbirlerle en üst düzeye

getirilebilir (Göker ve Dündar, 1999). Hızlı gelişen tür ağaçlandırmaları, orman endüstrisinin her geçen gün artan odun hammaddesi ihtiyacını karşılamak için önemli bir potansiyele sahip olmakla birlikte, bu tür ağaçlandırmalardan elde edilen odun hammaddesinde genel olarak kalite problemleri yaşanmaktadır. Kalite problemlerinin temel sebebi hızlı gelişen odunların büyük oranda genç odundan oluşması, kötü boyutsal stabilite, düşük yoğunluk ve düşük dirence sahip bulunmalarıdır. Bu sebeple bu tür ağaçlandırmalardan elde edilen odun hammaddeleri genel olarak selüloz ve lif-yonga sanayiinde değerlendirilme imkânı bulmaktadır.

Günümüzde tutkal ve laminasyon teknolojisindeki gelişmeler düşük kalitede, düşük dirençli ve ucuz odun hammaddesinden yüksek kalitede ve katma değerli ürünler elde edilmesi yolunda önemli imkânlar sağlamıştır. Laminasyon genel olarak çok tabakalı malzeme üretim tekniği olarak tanımlanabilir. Bu üretimde temel amaç ortaya çıkan kompozit ürünün direnç, stabilite, ses ve ısı yalıtımı, görünüş gibi özelliklerinin iyileştirilmesidir. Laminasyon özellikle glulam, LVL, PSL ve LSL gibi mühendislik ürünü ahşap yapı malzemelerinin üretiminde önemli bir yer tutmaktadır (Mengeloğlu ve Kurt, 2004). Yapısal olarak kullanılacak ahşapta laminasyon yukarıda sayılan faydaların yanı sıra, düşük kaliteli ve düşük dirençli ve dolayısıyla ucuz odun hammaddesinin, yüksek kaliteli ve yüksek dirençli ve pahalı odun hammaddesi ile belli oranda birlikte kullanımına imkân sağlaması bakımından son derece önemlidir. Lamine yapı kerestelerinde iç tabakalarda aynı ya da farklı ağaç türlerinden düşük kaliteli ve ucuz lamellerin, yüzey tabakalarında ise yüksek kalitede ve pahalı lamellerin kullanımı kabul gören bir uygulamadır. Özellikle eğilmeye çalışan yapı elemanlarında gerilmelerin önemli bir kısmı basınç ve çekme taraflarındaki yüzey alanlarında toplandığı ve orta kısımlarda dikkate değer gerilmeler oluşmadığı için orta tabakada kullanılan lamellerin düşük kalitede olması önemli bir direnç kaybı meydana getirmemektedir. Böylece yapı elemanının direnç değerleri büyük oranda korunurken, maliyeti önemli ölçüde azaltılmakta ve aynı zamanda daha hafif bir yapı elemanı üretilmiş olmaktadır.

Pavlonya, günümüzde basta Çin olmak üzere Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Vietnam, Laos, Tayland, Hindistan, Yeni Zelanda, Malezya olmak üzere kırktan fazla ülkede yetiştirilmektedir. Pavlonyanın Almanya, Güney Avrupa ülkeleri gibi ılıman bölgelerde de tarımsal ormancılık kapsamında dikimi yapılabilmektedir. Bu türlerin İran'da kültürü yapılmakta ve çap ve boyut olarak oldukça memnun edici sonuçlar elde edilmektedir (Kaymakçı, 2010; Abbasi, 2000). Bugün dünyada yaklaşık 2,4 milyon hektarda çeşitli amaçlar doğrultusunda pavlonya tarımı yapılmaktadır (Kaplan, 2008; Johnson, 2000).

Odun üretiminde kullanılan hızlı gelişen çamlar, kavak ve okaliptüs dışında bir orman ağacı olan pavlonyanın ülkemizdeki yetişme koşullarını ortaya koymak amacıyla ilk ciddi bilimsel çalışma 1998 yılında başlatılmış ve 2006 yılında tamamlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, Torbalı Orman Fidanlığında Çin Ormancılık Enstitüsü'nden temin edilen *P. elongata*, *P. fortunei* ve *P. tomentosa* türlerine ait 19 orijin ve bir pavlonya meleziyle bir gen bankası ve GAP Bölgesinde (Diyarbakır), Akdeniz Bölgesinde (Ceyhan Orman Fidanlığı ve Serik), Ege Bölgesinde (Aydın), Karadeniz Bölgesinde (Adapazarı, Ordu- Merkez ve Ulubey) olmak üzere sekiz deneme alanı kurulmuştur (Acar ve ark., 2008).

Oldukça hızlı gelişen bir orman ağacı olan pavlonya düşük odun kalitesinden kaynaklanan problemlere akılcı çözümlerin üretilmesi ile ülkemiz endüstrisinin odun hammaddesi ihtiyacının karşılanması yolunda önemli katkılar sağlayabilecek bir ağaç türü olabilir. Böylece ekonomik değeri düşük pavlonya odunu, iyi kalitede ağaç türleri ile birlikte lamine edilmek suretiyle ekonomik değeri yüksek bir ürüne dönüştürülebilir. Bu çalışmanın amacı Türkiye'de az da olsa ağaçlandırması yapılmış ve gelişme hızı ile potansiyel vadeden egzotik bir ağaç türü olarak pavlonyanın lamine yapı kerestelerinde orta tabaka olarak kullanılma potansiyelinin araştırılmasıdır.

## Malzeme ve Yöntem

### Malzeme

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan sarıçam odunu (*Pinus sylvestris* L.) İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi atölyesinden temin edilmiştir. Pavlonya (*Paulownia elongata* S. Y. Hu) ise Mersin-Bağcılar yöresinden temin edilmiştir.

Sarıçam ve pavlonya kerestelerden daire testere makinasında biçme yöntemi ile 10x110x1000 mm (Şekil 1) ölçülerinde lameller elde edilmiştir. Lameller, istiflendikten sonra 20±2°C sıcaklık ve % 65±5 bağıl nem şartlarına sahip klima odasında % 12 rutubet derecesine ulaşıncaya kadar bekletilmişlerdir.

Yapıştırıcı olarak oda sıcaklığında sertleşen Henkel Thomsit P625 Poliüretan tutkal kullanılmıştır. Tutkalın teknik özelliklerine ilişkin detaylar Tablo 1'de gösterilmiştir.

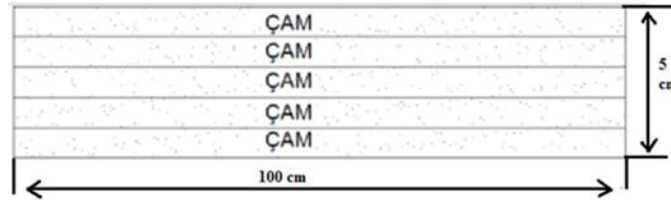
**Tablo 1.** Henkel Thomsit P625 Poliüretan tutkalının teknik özellikleri

<b>pH</b>	Yaklaşık 7,0
<b>Yoğunluk</b>	1,65 kg/lt
<b>Bekleme zamanı</b>	25-40 dakika
<b>Açık zaman</b>	-
<b>Mekanik etkilere dayanıklılık</b>	24 saat sonra
<b>Son kuruma</b>	72 saat sonra
<b>Isı dayanımı</b>	-10°C'den 50°C
<b>Suya dayanıklılık</b>	Neme dayanıklı

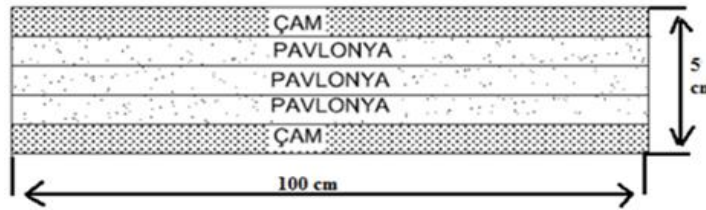
### Deney Örneklerinin Hazırlanması

Lamine ağaç malzeme TS EN 386 esaslarına uyularak, hava kurusu haldeki 10 mm kalınlığındaki lamellerden 50x110x1000 mm boyutlarında ve 5 katmanlı olarak üretilmiştir. Ağaç türüne bağlı olarak iki farklı lamel kombinasyonuna sahip deney örnekleri

hazırlanmıştır. Kontrol grubu olarak hazırlanan kombinasyonda lamellerin tamamı sarıçamdan elde edilmiştir (Şekil 1). Diğer kombinasyonda ise ortadaki 3 tabakada pavlonya lameller ve alt ve üst yüzey tabakalarında ise sarıçam lameller kullanılmıştır (Şekil 2).



**Şekil 1.** Tüm tabakaları Çam olarak hazırlanan lamine deney örneği.



**Şekil 2.** Yüzey tabakaları çam, orta tabakaları pavlonya olarak hazırlanmış lamine deney örneği.

Lamellerin tutkalanmasında tutkal üreticisi firmanın kullanım talimatlarına uyulmuştur. Tutkal karşılıklı lamel yüzeylerinden sadece bir tanesine fırça ile ve ~180 gr/m<sup>2</sup> hesabıyla sürülmüştür. Tutkal çözeltisinin başlangıçtaki ağırlığı ile tutkallama işleminden sonraki ağırlığı tartılmış ve kullanılan tutkal miktarı (fırçada kalan miktar hesaba katılarak) tutkallanan toplam yüzeye bölünmüştür. Yapıştırma sırasında takribi olarak 1-2 N/mm<sup>2</sup> basınç lamellerin üst üste işkenceler yardımıyla 3 farklı noktadan sıkıştırılması suretiyle uygulanmıştır. Bu şekilde sıkıştırılan taslaklar 24 saat süre ile oda sıcaklığında bekletilerek tutkalın sertleşmesi sağlanmıştır.

Bütün katmanları sarıçamdan olan 5 adet ve yüzeyleri sarıçam orta tabakaları pavlonya kombinasyonundan 5 adet olmak üzere toplam 10 adet deney örneği hazırlanmıştır.

### Hava Kurusu Yoğunluk Tayini

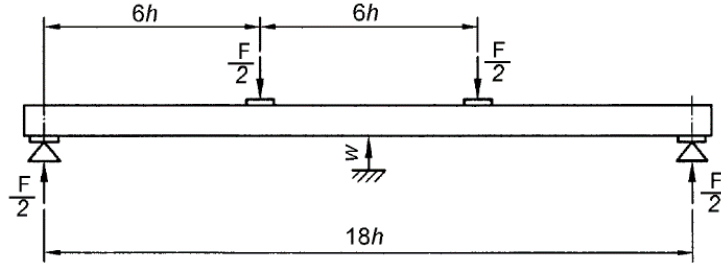
Hava kurusu yoğunluk tayini için, TS 2472 standardı referans alınarak hazırlanan 20x20x30 mm ebatlarındaki deney numuneleri, % 65±5 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklık şartlarına sahip iklimlendirme odasında bekletilerek rutubetleri %12 denge rutubetine getirilmiştir. Bu durumda örneklerin ağırlıkları ±0,01g duyarlılık analitik terazide tartılıp (W<sub>12</sub>), boyutları ±0,01mm duyarlılık dijital kumpasla boyutları ölçülmüş ve hava kurusu yoğunluk değerleri (D<sub>12</sub>) hesaplanmıştır.

### Eğilme Direnci ve Eğilmede Global Elastikiyet Modülünün Tayini

Eğilme direnci ve eğilmede global elastikiyet modülünün tespiti için TS EN 408 standardı esas alınmıştır. Hazırlanmış olan 52x110x1000 mm boyutlarındaki deney örnekleri 4 noktalı eğilme

yüklemesine maruz bırakılmıştır. Yükleme esnasında dayanak noktaları arasındaki açıklık örnek kalınlığının 18 katı olacak şekilde yani 900 mm olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci ve

eğilmede global elastikiyet modülü denemeleri aynı örnek üzerinde tek bir deneme ile tespit edilmiştir. Deney düzeneği Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Eğilmede global elastikiyet modülü test düzeneği.

Eğilmede global elastikiyet modülünün hesaplanmasında maksimum yükün %10 ve %40'ına tekabül eden yükler arasında kalan kısım dikkate alınmış ve bu aralıktaki iki yüke

karşılık ölçülen sehim miktarları kaydedilmiştir. Örneklerin global elastikiyet modülü değerleri aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır:

$$E_{m.g} = \frac{l^3(F_2 - F_1)}{bh^3(w_2 - w_1)} \left[ \left( \frac{3a}{4l} \right) - \left( \frac{a}{l} \right)^3 \right] N/mm^2$$

Burada;  $l$ , dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm);  $F$ , uygulanan kuvvet (N);  $b$ , kesit genişliği (mm);  $h$ , kesit yüksekliği (mm);  $w$ ,  $F$  yüküne karşılık oluşan sehim miktarı (mm);  $a$ ,  $F$  yükü ile en yakın dayanak noktası arasındaki mesafedir ( $l/3$ , mm).

Eğilme direnci için maksimum kuvvete 300 saniyede ulaşacak şekilde deney hızı ayarlanmıştır. Eğilme direnci ( $\sigma_e$ ) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\sigma_e = \frac{3Fa}{bh^2} N/mm^2$$

Burada;  $F$ , kırılma anında uygulanan yük (N);  $a$ ,  $F$  yükünün en yakın dayanak noktasına uzaklığı ( $l/3$ , mm);  $b$ , kesit genişliği (mm);  $h$ , kesit kalınlığıdır (mm).

### Verilerin Değerlendirilmesi

Orta tabakada pavlonya odunu kullanılarak üretilen lamine edilmiş ağaç malzemenin özellikleri ile sadece sarıçam odunu kullanılarak üretilmiş kontrol grubu ağaç malzemenin özellikleri arasındaki fark T Testi ile belirlenmiştir. T Testi, aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerin hesaplanmasında SPSS programı

kullanılmıştır. T testinde gruplar arasındaki farklılık % 95 güven düzeyinde belirlenmiştir.

### 3. Sonuçlar ve Tartışma

Orta tabakada pavlonya odunu kullanılarak üretilen lamine ağaç malzeme ve sadece çam odunu kullanılarak üretilmiş kontrol grubu lamine ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ve T testi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Çizelge 2'de görüleceği üzere, tamamen sarıçam lamellerden oluşan örneklerin hava kuruşu yoğunluk değeri ortalaması, orta tabakası pavlonyadan oluşan örneklerin hava kuruşu yoğunluk değeri ortalamasından dikkate değer bir biçimde yüksek çıkmıştır ve bu farklılık istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Bu beklenen bir durumdur, çünkü sarıçam odununun yoğunluğu ( $0.511 \text{ g/cm}^3$ ) pavlonya ( $0.280 \text{ g/cm}^3$ ) odununa göre çok daha yüksek bulunmaktadır (Keskin ve ark., 2008; Bektaş ve ark., 2012).

**Tablo 2:**Denemelere ait sonuçlar

Özellik	Örnek Türü	N	X	S	Min.	Maks.	
Hava Kurusu Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	P	15	0.398	0.012	0.380	0.419	S
	S	15	0.548	0.014	0.525	0.571	
Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	P	5	45.46	13.57	31.16	56.10	NS
	S	5	57.27	14.9	48.16	83.46	
Eğilmede Global E. Modülü (N/mm <sup>2</sup> )	P	5	9500	824	8506	10602	NS
	S	5	9835	685	8755	11976	

P: Orta tabakası pavlonya, yüzeyleri sarıçam; S: Bütün tabakaları sarıçam; x: aritmetik ortalama; s: standart sapma; N: örnek sayısı; S:Önemli (P<0.005); NS: Önemsiz.

Yukarıda verilen sonuçlar göstermektedir ki orta tabakada pavlonya odunu kullanılması üretilen lamine malzemenin birim alan ağırlığını dikkate değer bir şekilde azaltmakta, buna karşın eğilme direnci ve eğilmede global elastikiyet modülünde önemli bir azalma meydana getirmemektedir. Bu yapı malzemeleri için arzu edilen bir durumdur, zira aynı mukavemeti sağlamak koşuluyla hafif olan malzeme yapı statığı açısından avantaj sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, daha önce de belirtildiği gibi pavlonya ağacı son derece hızlı gelişen bir tür olup 10-15 yılda 25 cm çapa kadar ulaşabilmektedir (Taşdemir ve ark., 2015). Dolayısıyla oldukça kısa idare sürelerinde endüstriyel hammadde üretimi söz konusudur. Pavlonya ağaçlandırmaları ülkemizde henüz deneme aşamasında olup kerestesi de henüz ticarete konu olmamıştır. Bu sebeple pavlonya ve sarıçam arasında birim fiyat açısından bir karşılaştırma yapmak mümkün olmamıştır. Buna karşın pavlonya kerestesinin sarıçam kerestesine kıyasla çok daha ucuz olacağı kuşkusuzdur.

Sonuç olarak lamine yapı malzemesi üretiminde, hızlı gelişen, hafif, düşük dirençli ve düşük kalitedeki pavlonya odununun orta tabakada, kaliteli sarıçam odununun ise yüzey tabakalarında kullanılması ile yapısal bakımdan daha avantajlı olan hafif ve buna karşın yeterli dirence sahip lamine kerestelerin üretiminin mümkün olduğu tespit edilmiş olup, bu durumun aynı zamanda maliyet açısından da önemli bir avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

#### 4. KAYNAKLAR

Abbasi, N., 2000. Growth and adaptability of Paulownia fortunei, Book of abstracts of the National Conference on Management of Northern Forest on Sustainable Development, 5-7 September 2000, Ramsar, Iran.

Acar, C., Boza, A., Özkurt, N., Akyüz, M., Şahin Akar, M., Eren, N., ve Karatay, H., 2008. Bazı Paulownia Türlerinin Türkiye'ye Adaptasyonu ve Tanıtılması. Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Çeşitli Yayınlar No: 3, s.2, İzmir.

Bektaş, İ., Kaymakçı, A., ve Bal, B.C., 2012. Kahramanmaraş Bölgesinde Yetiştirilen Pavlonya (*Paulownia elongata*) Odununun Teknolojik Özellikleri, KSÜ Doğa Bil. Der., Özel Sayı, 102-108.

Göker, Y., ve Dündar, T., 1999. Genç odun özelliklerinin odun kalitesi ve kullanım yeri üzerine etkileri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B Serisi 49 (1,2,3,4).

Johnson, V.D., 2000. Use of Paulownia for forest plantations in the leon region of nicaragua. Chemonics International Inc. Managua, Nicaragua.

Kaplan, D., 2008. Paulownia ağacının kursun kalem endüstrisinde kullanım olanakları üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.

Kaymakçı, A., 2010. Paulownia (*Paulownia elongata*) Odununun Bazı Anatomik, Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri ile Kullanım Alanları Üzerine Araştırmalar, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Syf: 116.

Keskin, H., Atar, M., ve Kurt, R., 2003. Lamine Edilmiş Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 6(1), 75-84.

Mengeloğlu, F., ve Kurt, R., 2004. Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler 1Tabakalanmış Kaplama Kereste (TAK) ve Tabakalanmış Ağaç Malzeme (TAM), KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 7(1), 39-44.

Taşdemir, C., Yıldızbakan, A., Acar, F.C., ve Polat, O., 2015. Bazı paulownia tür ve orijinlerinin Ceyhan yöresindeki yaşamı ve gelişimi (Onikinci yıl değerlendirmesi). Türkiye Ormancılık Dergisi 16(1): 1-10.