

# METAL BİRLEŞTİRME ELEMANI VE KAVELALI BİRLEŞTİRME KULLANILARAK ELDE EDİLEN MASİF SANDALYE İSKELETLERİNİN YORULMA PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ

Nurgöl TANKUT<sup>1</sup>, Eser SÖZEN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakóltesi, Orman Endüstri Mühendisliđi Bölümü,  
Bartın/TÜRKİYE,

\*esozen@bartin.edu.tr, ntankut@bartin.edu.tr

## Özet

Bu çalışmada, masif ağaç malzeme olarak kayın odunu (*Fagusorientalis* L.) birleştirme elemanı olarak ise metal birleştirme kullanılarak sandalye iskeletleri üretilmiş ve yorulma performansları belirlenmiştir. Sandalye ayak-kayıtlarında kullanılan metal birleştirme elemanı üç farklı yönde birleştirme yapmaya uygun bir şekilde tasarlanmıştır. Sandalye arkalık ve yan kayıtlarında kavelalı birleştirmeler PVAc tutkalı ile uygulanmıştır. Gerçekleştirilen yorulma testleri sonucunda ayak-kayıt birleştirmelerinde kullanılan metal birleştirme elemanının kabul seviyelerine ulaşamadığı, sandalyenin arkalık kısımlarının ise kabul seviyelerini tamamladığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sandalye; yorulma testleri; metal birleştirme; kavelalı birleştirme.

## DETERMINATION OF FATIGUE PERFORMANCE OF SOLID CHAIR FRAME CONSTRUCTED WITH METAL JOINT ELEMENTS AND DOWEL JOINTS

### Abstract

In this study, solid chair frames constructed of wood material a solid beech (*Fagus orientalis* L.) as connecting element metal plate. Fatigue performance of these frames was investigated. Metal connecting element using in the rail-leg joint is designed suitable for joints in three different directions. Backrest and rail-leg joints of chair were manufactured

from dowel joints together PVA adhesive. As a result of cyclic tests, metal connecting member used in joints cannot reach the acceptable level while backrest joints are completed acceptable levels.

**Key words:** Chair; fatigue tests; metal joint; dowel joint.

## 1. Giriş

Mobilya kavramı birçok ürün veya ürün grubunu kapsayan genel bir tanımdır. Bu tanım içinde sandalyeler, gerek tasarımları, gerekse kullanım alanları açısından önemli bir yer tutmaktadır. Kullanım yerinde birçok farklı yükleme tipi ve yönüne maruz kalan sandalyelerden istenen yüksek performans özellikleri için, malzeme ve birleştirme türü seçimi önem kazanmaktadır.

Teknik ilerlemelerin ortaya çıkardığı yeni malzemeler, her alanda yeni ve özgün ürünler geliştirmeyi olanaklı kılmaktadır. Bu bağlamda mobilya üretiminde de ahşabın tamamlayıcısı veya ikamesi olarak geleneksel malzemeler yerine kullanılabilen, standartlara uygun ve kullanımı daha kolay yeni malzemeler bulunmaktadır [1]. Teknolojik gelişmelerde yeni malzemelerin, her alanda yeni ve özgün ürünlerin tasarlanmasına olanak sağlamaktadır. Bunlara göre, ahşap taşıyıcı sistemlerde ve mobilya üretiminde kavelalı ve zıvanalı birleştirme gibi geleneksel tutkallı birleştirme tekniklerinin yanında, standartlara uygun ve kullanımı daha kolay yeni gereçlerle yapılan mekanik bağlantılara yönelmeyi gerektirmektedir [2].

Sandalyelerde kullanılan ahşap birleştirmelerde; sandalyenin ön kayıtlarında kesmeli eğilme mukavemetine karşı kavelalı birleştirmenin; yan kayıtlarında ise çekme mukavemetine karşı zıvanalı birleştirmenin daha başarılı olduğu belirlenmiştir [3]. Farklı ağaç türü ve birleştirme şekli kullanılan başka bir çalışmada, hem birleştirme yöntemleri, hem de ağaç türlerinde farklı mukavemet değerleri elde edilmiştir. Çekme direnci üzerinde, ağaç türü ve birleştirme yöntemlerinin ve tutkal türünün etkili olduğu tespit belirlenmiştir. Birleştirme yöntemine göre, en yüksek çekme mukavemeti, PVAc tutkallı-zıvanalı birleştirmelerde elde edilirken, bunu poliüretan tutkallı zıvanalı birleştirmeler izlemiştir. En

düşük çekme mukavemeti ise minifiks ile birleştirilmiş deney örneklerinde elde edilmiştir [4]. Farklı RTA (Ready To Assembly) birleştirme elemanlarının kullanıldığı köşe birleştirmelerinde en yüksek direnç MDF’de kullanılan metal trapezlerde elde edilirken, en düşük dirençler yonga levhada kullanılan rafixlerde elde edilmiştir [5].

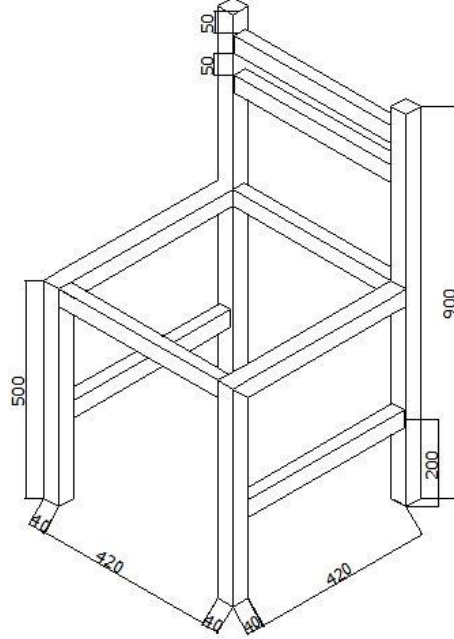
P.V.A tutkalı mobilya üretiminde hala baskın bir şekilde kullanılmaktadır. P.V.A tutkalları, poliadiyonpolimerizasyonu ile üretilen tutkallar olup, soğuk olarak uygulanan, termoplastik özellikli, kullanma esnasında herhangi bir sertleştirici ya da katalizör ilavesine ihtiyaç göstermeyen tutkallardır. P.V.A tutkalları 21°C’de 2000 ile 3000 centipois (Cp) arasında değişen viskozitelerde sıvı forma gelmektedir [6]. Bu tür tutkallar, daha çok mobilya yapımında, suyla teması olmayan iç mekânlardaki tutkallamalarda kullanılırlar [7].

Sandalye testlerinde genellikle iki tip test metodu mevcuttur. Bunlar tek kademeli kabul sistemleri (geçme-kalma) ve çok kademeli (derecelendirmeli) test metotlarıdır. Bu iki sistemden hangisinin kullanılacağı sonuçların nasıl kullanıldığına, hangi kesime hitap ettiğine bağlıdır ve testin faydası açısından çok büyük öneme sahiptir [8]. Evrensel bir test metodu için temel gereksinim, test modelinde bulunan yük modellerinin mobilyanın kullanım yerindeki durumlarını ve hangi farklılıklarla yıkıma uğradığını hesaba katmaktır. Pratikte uygun yükleme metodu sadece birkaç tip mobilya için sınırlı şartlar altında mevcuttur. Ayrıca mobilya testlerinde kullanılan basit yükleme modelleri (statik ve yorulma) kompleks yük dağılımlarına yaklaşık değerler elde etmek için kullanılır. Fakat bahsedilen iki yükleme modeli de evrensel olarak performans test metodunun geliştirilmesi için uygun değildir [9].

## **2. Materyal ve Metot**

Ülkemiz, 1,7 milyon hektar gibi geniş bir yayılışı olan kayın ormanlarımızla, dünyada yayılış alanı itibarıyla 4.sıradadır [10]. Kayın ağaç malzemesi, kolay ulaşılabilirliği ve direnç özellikleri sebebiyle mobilya iskeletleri ve çerçevelerinde yaygın bir kullanıma sahiptir. Çalışmada kullanılan masif kayın odunları Bartın ili sınırları içerisinde ve 650 m yükseltiyeye sahip alanlardan temin edilmiştir. Sandalye iskeletlerinde kullanılan kayın (*Fagusorientalis* L.) odununun yoğunlukları TS 2472 standartlarına göre belirlenmiş, hava kuru yoğunluğu 0,61 gr/cm<sup>3</sup>, tam kuru yoğunluğu 0,57 gr/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir.

Sandalye elemanları son ölçülerine getirildikten sonra 20°C sıcaklık ve % 65 bağıl nem şartlarının sağlanabildiği kapalı ortamda üç hafta bekletildikten sonra deney aşamasına geçilmiştir. Şekil 1’de, sandalyenin genel görünüşü, Tablo 1’de çalışmada kullanılan sandalyeyi oluşturan elemanların boyutları gösterilmiştir.



Şekil 1-Çalışmada kullanılan sandalyenin genel görünüşü (mm).

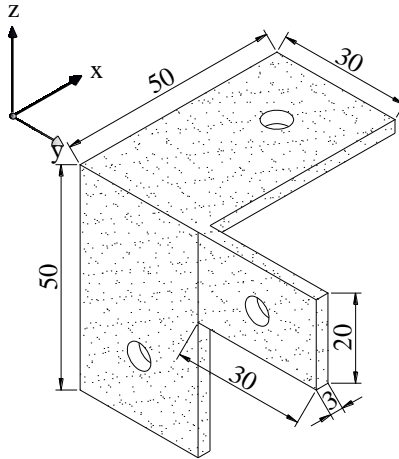
Tablo 1- Sandalyeyi oluşturan elemanların boyutları (mm)

Sandalyeyi oluşturan elemanlar	Boy	Genişlik	Kalınlık
Ön ayaklar	500	40	40
Arka ayaklar	900	40	40
Yan kayıtlar	420	30	30
Arkalık arka kayıtlar	420	30	30

Sandalye arkalık ve yan kayıtların birleştirilmesinde EN 204 D2 normuna uygun HÄFELE D2™ polivinil asetat tutkalı (PVAc) ve 5cm uzunluğunda, 0,8cm çapında düz kavelalar kullanılmıştır. Tutkallama işlemi kavela yüzey alanı hesaplandıktan sonra, 160-180 gr/m<sup>2</sup> hesabına göre uygulanmıştır. Birleştirme sonrası birleştirme yerleri işkenceler

vasıtasıyla sıkıştırılarak 30 dakika beklenmiştir. PVAc tutkallı renksiz, ucuz ve oda sıcaklığında sertleşebilmesi nedeniyle iç mekân mobilyalarının iskeletlerinde tercih edilmektedir.

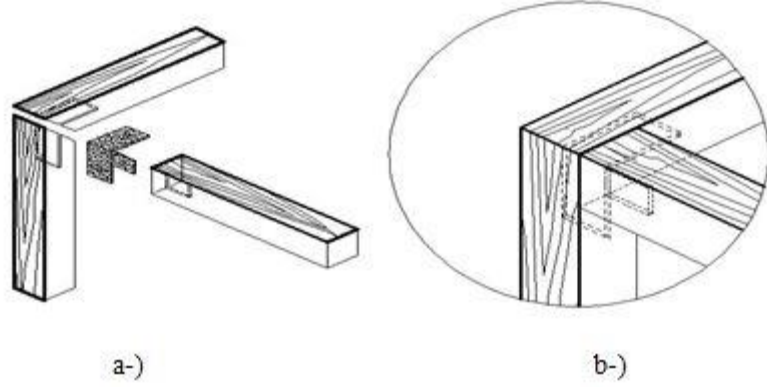
Birleştirme elemanının bulunduğu bölgeler, mobilyaların en zayıf yerlerini oluşturmaktadır. Deformasyon ve kırılmalar da genellikle bu bölgelerde gerçekleşmektedir [11]. Ülkemizde sandalye üretiminde tutkallı birleştirmelerin yanında RTA (Ready To Assembly) birleştirme elemanları, çeşitli vidalar ve bunların kombinasyonları tercih edilmektedir. Çalışmada kullanılan metal birleştirme elemanı, üç yönde birleştirme yapmaya uygun bir şekilde tasarlanmıştır. Şekil 2’de sandalyenin sağ ön ve sol arka ayaklarında kullanılan metal birleştirme elemanı gösterilmiştir. Sol ön ve sağ arka birleştirmelerde kullanılan metal birleştirme elemanında y eksenindeki 30x20x3mm ölçülerindeki parça –y yönünde tasarlanarak hazırlanmıştır.



Şekil 2- Metal birleştirme elemanının genel görünüşü (mm).

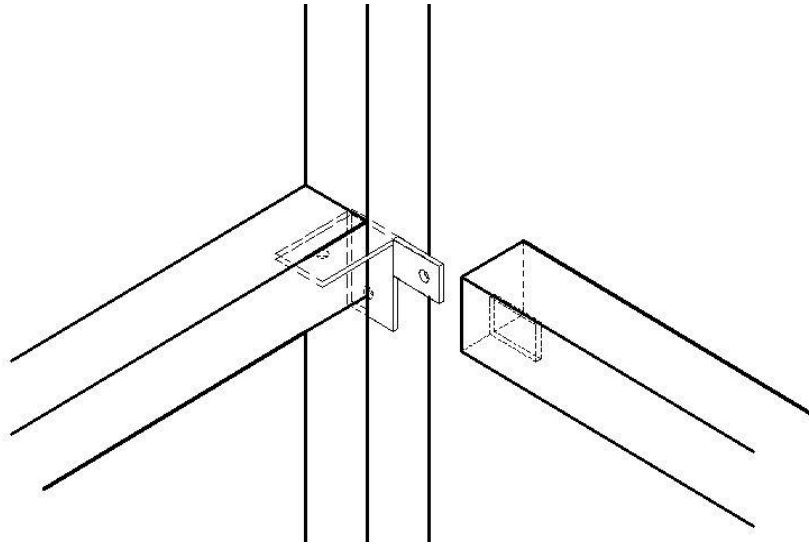
Birleştirme elemanının montajında 3,5x30 mm ölçülerinde sunta vidaları kullanılmıştır. Metal birleştirme elemanında bulunan 3mm yarıçaplı üç delik, vidaların buralardan geçmesi için açılmıştır. Son boyutlarına getirilen sandalye elemanlarından ön ayak parçaları gönye burun şeklinde kesilmiş ve metal birleştirme elemanı ölçülerindeki zıvanalar 3mm kalınlığındaki matkap ucu ile açılmıştır. Seri üretimde bu zıvanalar CNC makineleriyle daha kolay açılabilir. Sağ ön ayak-kayıt için uygulanan birleştirme

ayrıntıları Şekil 3-a’da, birleştirme sonrası metal birleştirme elemanının konumu ise şekil 3-b’de gösterilmiştir.



Şekil 3- Sandalye sağ ön ayakta a-) montaj öncesi ve b-) montaj sonrası metal birleştirme elemanının görünümü.

Sağ arka ayak-kayıtta kullanılan metal birleştirme elemanı, Şekil 2’deki gibi tasarlanmış, fakat y yönünde bulunan metal kısım, -y yönünde tasarlanmıştır. Sağ arka ayak-kayıtta kullanılan metal birleştirme elemanının konumu Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4- Sandalye arka ayak-kayıtlarında metal birleştirme elemanının konumu.

### 3.Sonuç ve Öneriler

Sandalye ayaklarında metal birleştirme elemanı, yan kayıt ve arkalıklarda kavelalı birleştirme uygulanarak hazırlanan sandalyelere **önden arkaya yorma yüklemesi, yan yorma yüklemesi** ve **arkalık yorma yüklemesi** uygulanmıştır.

#### 3.1. Önden Arkaya Yorma Yüklemesi

Önden arkaya yorma yüklemesinde uygulanan reçete Tablo 2’de gösterilmiştir. Çalışmada metal birleştirme elemanı kullanılarak üretilen masif sandalye iskeletleri reçetede 1 ve 2 numaralı yorma yüklemelerini başarı ile tamamlamıştır. Ancak 3 numaralı yüklemede (67 kg) **4356**. tekrarda kalmıştır. Reçetede tüm yüklemeleri geçemediği için sandalye bu testte başarısız olmuştur. Deformasyonlar arka ayakların birleşim noktalarında meydana gelmiştir.

Tablo 2- Önden arkaya yorma yüklemesi uygulama reçetesi [12].

<b>Yükleme No</b>	<b>Başlangıç Yüğü (kg)</b>	<b>Bekleme Süresi (sn)</b>	<b>Tekrar Sayısı (Adet)</b>
1	45	3	25000
2	56	3	25000
<b>3</b>	<b>67</b>	<b>3</b>	<b>25000</b>
4	78	3	25000
5	90	3	25000
6	101	3	25000
7	112	3	25000
8	135	3	25000



Şekil 5- Önden arkaya yorma yüklemesi test düzeneği.

### 3.2. Yan Yorma Yüklemesi

Yan yorma yüklemesinde uygulanan teste ait reçete Tablo 3'te gösterilmiştir. Yan yorma yüklemesinde sandalye reçetede belirtilen 4 numaralı yüklemeye (78 kg) **8678**. tekrara kadar ulaşabilmiştir. Uygulama reçetesinde belirtilen yüklemeleri tamamlayamadığı için sandalye yan yorma yüklemesinde başarısız olmuştur. Şekil 6'da yan yorma yüklemesi test düzeneğinin genel görünüşü verilmiştir.



Tablo 3- Yan yorma yüklemesi uygulama reçetesi [12].

Yükleme No	Başlangıç Yüğü (kg.)	Bekleme Süresi (sn.)	Tekrar Sayısı (Adet)
1	45	3	25000
2	56	3	25000
3	67	3	25000
<b>4</b>	<b>78</b>	<b>3</b>	<b>25000</b>
5	90	3	25000



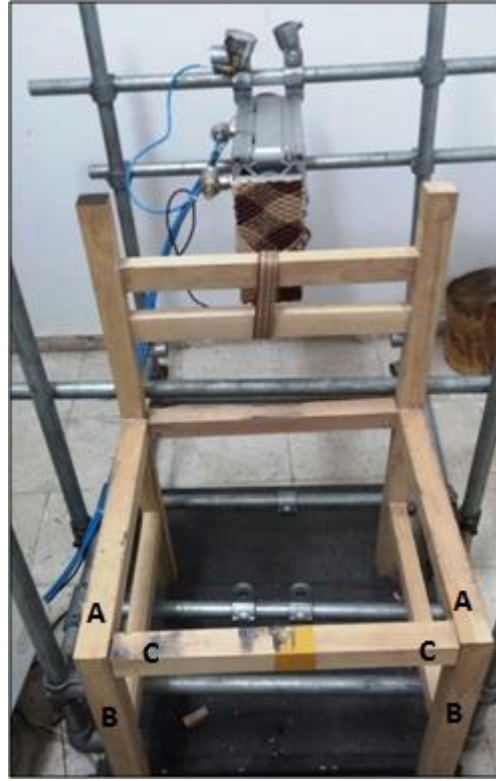
Şekil 6- Yan yorma yüklemesi test düzeneği

### 3.3. Arkalık Yorma Yüklemesi

Arkalık yorma testi, diğer testlere göre farklılık göstermektedir. Yan yorma yüklemesi ve önden arkaya yorma yüklemelerinde zorlanmalar, metal birleştirme elemanının bulunduğu yerde meydana gelmiştir. Arkalık yorma testlerinde ise metal bağlantı elemanlarının bulunduğu yerlerde test düzeneğinde görüldüğü üzere destek elemanı bulunmaktadır. Çalışmada destek materyali olarak demir çubuk kullanılmıştır. Arkalık yorma yüklemesine ait uygulama reçetesi Tablo 4’te, test düzeneğinin genel görünüşü Şekil 7’de gösterilmiştir.

Tablo 4- Arkalık yorma yüklemesi uygulama reçetesi [12].

Yükleme No	Başlangıç Yüğü (kg)	Bekleme Süresi (sn)	Tekrar Sayısı (Adet)
1	90	3	25000
2	135	3	25000



Şekil 7- Arkalık yorma yüklemesi test düzeneği.

Çalışmada kullanılan sandalye, arkalık yorma yüklemesi testini başarı ile tamamlamıştır. Arkalık birleştirmelerinde iki kayıt kullanılmış ve her kayıta iki adet kavelalı birleştirme uygulanmıştır. Tutkal olarak PVAc tutkalı kullanılmıştır. İki kayıt kullanılması ve her kayıta iki kavela ile birleştirilme yapılması sandalyenin arkalık kısmını daha stabil bir hale getirmiştir. Bu etmenlerin sandalyenin arkalık testini geçmesinde önemli rol oynadığı düşünülmektedir.

Lif ve yonga levhalar ile 8 ve 10 mm çapındaki kavelalar kullanılarak elde edilen köşe birleştirmelere basınç ve çekme direnci uygulanmış, 8 mm çapındaki kavelanın daha yüksek direnç gösterdiği bildirilmiştir [13]. Yapılan başka bir çalışmada ise, kavela boyunun en fazla 5 cm'ye kadar etkili olacağı, kavela çapı ile direnç özelliklerinin doğrusal bir şekilde arttığı belirtilmiştir [14].

Testlerde başarısız olan yüklemeler (önden arkaya ve yan yükleme) incelendiğinde, metal birleştirme yerlerinde deforme olduğu tespit edilmiştir. Metal birleştirme elemanları vida ile sabitlendikten sonra sandalye iskeleti tam olarak stabil bir hale gelmemiştir. Bunun nedeni olarak, birleştirme yöntemi olarak gönye burun kesilen iskelet elemanlarının metal birleştirme elmanı ile stabil birleştirme oluşturamamasından ve testlerde kullanılan sandalye iskeletlerinde oturma kısımlarının bulunmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sandalyelerin oturma kısımlarının birleştirme direncine büyük katkı sağladığı belirtilmiştir [15].Yine tek metal birleştirme elemanı ile sandalyenin en önemli kısımlarını oluşturan üç elemanın (Şekil-7, A-B-C)birleştirilmesi de etkili olmuştur. Aynı şekilde dört ayak-kayıt için aynı işlemlerin uygulandığında, sandalyenin birleştirme yerlerinin zayıf kaldığı anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, metal birleştirme elemanının üç yönde (x, y, z) daha uzun bir şekilde tasarlanması ve tek vida yerine iki vida kullanılması sandalye iskeletinin daha stabil hale gelmesini sağlayacaktır. Tek vida kullanıldığında oluşacak zorlanma ve moment etkisinin, iki vida kullanılarak azaltılması gerçekleştirilebilir.

## Kaynaklar

- [1] Örs Y, Efe H. Mobilya (Çerçeve Konstrüksiyon) Tasarımında Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranış Özellikleri, *Journal of Agriculture and Forestry* 1998; 22: 21-27.
- [2] Tokgöz H, Özçiftçi A, Atar M, Uysal B. Shear and Bending Strength of some End to End Grained Joints Prepared from Scotch Pine, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 1999; 23: 621–626.
- [3] Küreli İ. Sandalyelerde Kullanılan Önemli Ahşap Birleştirmelerin Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1988.
- [4] Efe H, Kasal A, Çağatay K, Kuşkun T. T-Tipi Mobilya Birleştirmelerinde Çeşitli Birleştirme Yöntemlerinin Çekme Mukavemetine Etkileri, *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University* 2012; 12: 251-260
- [5] Tankut N. Moment resistance of corner joints connected with different RTA fasteners in cabinet construction, *Forest Products Journal* 2006; 56: 35-40.
- [6] Kim S, Kim H. J. Effect of addition of polyvinyl acetate to melamine-formaldehyde resin on the adhesion and formaldehyde emission in engineered flooring, *International Journal of Adhesion and Adhesives* 2005; 25: 456–461
- [7] Demirel E. Kutu Tipi Mobilya Konstrüksiyonlarının Köşe Birleştirmelerinde Kullanılan Farklı Birleştirme, Tutkal ve Malzeme Türlerinin Birleştirme Mukavemetine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [8] Eckelman CA. Quality Improvement in the Furniture Industry, *Proceedings of the Congreso Regional III Congreso Nacional de la Calidad*. San Jose, Costa Rica, 20-22 May 1977.
- [9] Eckelman CA. Performance Testing of Furniture. Part I. Under lying Concepts, *Forest Product Research Society*. *Forest Product Journal* 1988; 38: 44-48.
- [10] Orman Varlığımız, Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, OGM Matbaası, Ankara, 2006.

- [11] Eckelman CA. Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture, Purdue University Press, West Lafayette, IN, 2003.
- [12] Eckelman CA. Performance Testing of Side Chairs. Holzals Roh- und Werkstoff 1999; 57: 227-234.
- [13] Efe H. Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Rasyonel Kavela Tasarımı, Politeknik Dergisi, 1998; 1: 1
- [14] Eckelman CA. Engineering concepts of Single- Pin Dowel Joints Design, Forest Product Journal 1969; XII: 52-60.
- [15] Haviarova E. Eckelman CA. Erdil Y. Design and testing of environmentally friendly wood school chairs for developing countries, Forest Products Journal 2001; 51: 58-64.