

T-Tipi Mobilya Birleştirmelerinde Ağaç Türü ve Birleştirme Yönteminin Moment Taşıma Kapasitesi ve Elastikiyet Üzerindeki Etkileri

Kubulay ÇAĞATAY^{1*}, Hasan EFE², Ali KASAL³ ve Tolga KUŞKUN³

¹İncirli Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi, Mobilya ve İç Mekân Tasarımı Alanı, 06010, ANKARA

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06500, ANKARA

³Muğla Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, 48000, Kötekli, MUĞLA

ÖZET

Bu çalışmada, farklı ağaç malzeme ve birleştirme yöntemleri uygulanarak hazırlanmış T-tipi mobilya birleştirmelerinin moment taşıma kapasiteleri ve elastikiyetleri karşılaştırılmıştır. Deneysel örnekler, Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill) ve Adi ceviz (*Juglans regia* L.) odunlarından hazırlanmıştır. Birleştirme yöntemleri olarak; lamba-zıvanalı, kavelalı, vidalı, minifiksli ve maksifiksli birleştirmeler seçilmiştir. Lamba zıvanalı ve kavelalı birleştirmelerde yapıştırıcı olarak polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan (Pu) tutkalları kullanılmıştır. 5 ağaç türü, 7 birleştirme yöntemi ve her örnekten 10 adet olmak üzere toplam 350 deney örneği hazırlanmış ve statik yük altında denenmiştir. En yüksek moment taşıma kapasitesi ve elastikiyet değeri cevizde (185,74 Nm, 825,52 Nm/rad), en düşük moment taşıma kapasitesi ve elastikiyet değeri ise sarıçamda (122,69 Nm, 545,31 Nm/rad); birleştirme yönteminde ise en yüksek değerler lamba-zıvanalı birleştirmede (260,17 Nm, 1.156,33 Nm/rad) en düşük değerler minifiksli birleştirmede (82,26 Nm, 365,61 Nm/rad) elde edilmiştir. Pu tutkalı PVAc tutkalına göre, lamba-zıvanalı birleştirme de kavelalı birleştirmeye göre daha yüksek değerler göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: T-tipi birleştirmeler, moment taşıma kapasitesi, elastikiyet, zıvanalı birleştirme, maksifiks, minifiks.

The Effects of Wood Species and Joint Technique on Bending Moment Capacity and Elasticity of T-type Furniture Joints

ABSTRACT

In this study, bending moment capacities and elasticity of T-type furniture joints prepared from different wood species and connected with different techniques were compared. Specimens were constructed of Turkish beech (*Fagus orientalis* L.), Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), Sessile oak (*Quercus petraea* Liebl), Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill) and Common Walnut (*Juglans regia* L.). Dowel and mortise and tenon joints were considered as glued joints, while minifix and maxifix joints were considered as without glue joints. In the glued joints, polyvinylacetate (PVAc) and polyurethane (Pu) adhesives were utilized. A total of 350 specimens that included 5 wood species, 7 connection type, and 10 replications for each were prepared and tested under static bending loads. As a result of the tests, the highest bending moment capacity and elasticity values were obtained with walnut (185.74 Nm, 825.52 Nm/rad) while the lowest bending moment capacity and elasticity values were obtained with Scotch pine (122.69 Nm, 545.31 Nm/rad). Mortise and tenon joints were yielded the best results (260.17 Nm, 1.156.33 Nm/rad) while minifix joint were yielded the worst (82.26 Nm, 365.61 Nm/rad) among the connection types. For glued joints, Pu gave higher values than PVAc, and mortise and tenon joints gave better results than dowel joints.

Keywords: T-type joints, bending moment capacity, elasticity, mortise and tenon joint, maxifix, minifix.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Masa, sandalye, koltuk ve sehpa çerçevelerinin konstrüksiyonlu mobilyalar olup, bunlara çatıklı (iskelet) mobilyalar da denir. Çatıklı mobilya üretiminde temel birleştirme teknikleri olan kavela ve lamba-zıvana gibi geleneksel tekniklerin yanında dönüşümlü bağlantı sağlayan mekanik birleştirmeler de kullanılmaktadır. Birleştirmeler mobilyaların düşük

dirençli noktaları olup, bunların dayanımı mobilyanın tamamını etkilemektedir. Bu bağlamda, birleştirmelerin kullanım sırasında etkisinde kalabilecekleri yükleri taşıyabilecek sağlamlıkta tasarlanması gerekir.

Çerçeve sistemlerde, T-tipi birleştirme elemanları ile sıkça karşılaşılır. Bu elemanlara örnek olarak; sandalyelerde, döşemeli koltuk ve kanepelerde; ön kayıt-ara kayıtlar, arka kayıt-ara kayıtlar, arka kayıt-arkalık ara kayıtları, arka ayak-yan kayıt, ön ayak-yan kayıt, arka ayak-yan ara kayıt, ön ayak-yan ara kayıt, arka ayak-kolçak gibi birleştirme

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: kubulaycagatay@hotmail.com.tr

Dijital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2012.15.4, 161-169

noktaları verilebilir. Bu birleştirmeler, kullanım sırasında yüklemeye biçimine göre çekme, eğilme, makaslama ve burulma gibi zorlayıcı kuvvetlerin etkisinde kalmaktadır [1].

Deneylerde, sandalye arka ayak-yan kayıt bağlantısı için T-tipi birleştirmeler uygulanmıştır. Oturmada ön, arka ve yan kayıtlara insan ağırlığından dolayı düşey yöndeki yükler etkili olmaktadır. Ayrıca, aynı anda arkaya yaslanma eylemi yapıldığında arka ayakta da yatay yönde yük etkili olmaktadır. Düşey ve yatay yöndeki bu yükler, arka ayak-yan kayıt bağlantılarını aşırı yük etkisinde sistemin en kritik noktaları haline getirir. Bu çalışmada, belirtilen bu yerlerde, odunların ve uygulanan bağlantı yöntemlerinin moment kapasiteleri ve elastikiyetleri araştırılmıştır.

Şeker akça ağacı odunundan üretilmiş T-tipi eğilme elemanları, üre-formaldehit tutkalı ile denemmiş ve eğilme momentinin, tek kavelanın çekmede gösterdiği kuvvet ile iç moment kolunun çarpımına eşit olduğunu saptanmıştır [2]. Dört ağaç türünden, dört çeşit tutkal ile yapıştırılmış farklı ölçülerdeki zıvanalı T-tipi birleştirmelerin eğilme mukavemetini ve elastikiyetliğini incelemiştir. Sonuç olarak, zıvana genişliği ve uzunluğu arttıkça birleştirmelerin rijitliğinin arttığı, zıvanalı birleştirmelerin mukavemetinin;

$$F = 0.7 \cdot S_x \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D$$

eşitliğinden belirlenebileceğini açıklamıştır. Burada, F : maksimum eğilme momenti (pound-inches), S_x : kullanılan ağaç malzemenin makaslama direnci (psi), A : $0.24 \times$ kayıt genişliği + $0.57 \times$ zıvana genişliği (inches), B : zıvana uzunluk çarpanı, C : tutkal faktörü, D : zıvana yerleştirme çarpanı, 0.24 , 0.57 : regresyon analizleri sonucunda elde edilen düzeltme katsayılarıdır [3]. Doğu kayını, sarıçam ve meşe odunlarından elde edilen T-tipi iki vidalı birleştirmelerde, eğilme momentinin (M); tek vidanın çekme kuvveti (F) ile iç moment kolunun (d) çarpımı ile tahmin edilebileceği bildirilmiştir [1]. Soket vida tutma mukavemeti üzerinde, soket vida boyunun doğru, çapının ters orantılı etkisi olduğunu ayrıca, ön delik çap oranı ve vida dış adımı ile dış yüksekliği soket vida tutma mukavemeti üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir [4]. Doğu kayını, sarıçam ve meşe odunlarından, kavelalı, lamba-zıvanalı, minifiksli ve vidalı olarak hazırlanan T-tipi birleştirmelerde en yüksek eğilme direnci Doğu kayınından yapılan lamba-zıvanalı birleştirmede, en düşük ise sarıçamdan yapılan kavelalı birleştirmelerde elde edilmiştir [5]. Lamba-zıvanalı birleştirmelerde optimum mukavemeti sağlamak için, hem zıvanaya hem de zıvana deliğine ait tüm yüzey alanlarının tutkalanması gerektiğini vurgulanmıştır. Ayrıca, lamba-zıvanalı birleştirme yapılacak ağaç malzeme rutubetinin %7-9 oranında olmasının, birleştirmenin mukavemeti açısından en uygun rutubet derecesi olduğu belirtilmiştir [6]. T-tipi birleştirmelerin çekme direnci ile en uygun kavela tipini belirlemek için; çam, meşe ve kayın odunları üzerinde 8 ile 10 mm çapında ve 24, 36 ve 48 mm boylarındaki, düz ve yivli gövdeli kayından hazırlanmış kavelalar

denenmiştir. En yüksek direncin meşe odununda, 36 mm boyunda 10 mm çapındaki kavelalarla elde edildiği bildirilmiştir [7]. Lamba-zıvanaları şerit testerede açılmış T-tipi birleştirmelerde; en başarılı çekme direncinin PVAc tutkalı ile yüzeyden preslenmiş Doğu kayını örnekler ile elde edildiği bildirilmiştir [8].

Bu çalışmada, çeşitli ağaç türü odunlarından ve farklı bağlantı yöntemleri ile birleştirilmiş T-tipi deney örneklerinin statik yük altındaki moment kapasiteleri ve elastikiyetleri belirlenerek, araştırma ve uygulamalara katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Ağaç Malzemeler (Wooden Materials)

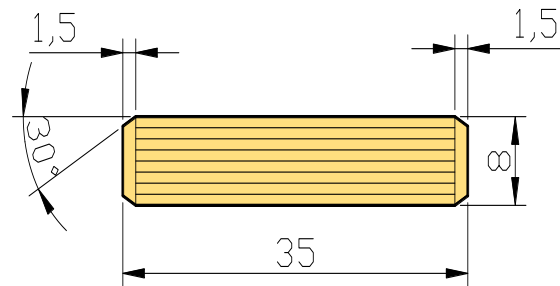
Deneylerde mobilya endüstrisindeki yaygın kullanımları göz önüne alınarak Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill) ve Adi ceviz (*Juglans regia* L.) odunları seçilmiştir. Keresteler Ankara Siteler piyasasından basit rastlantı yöntemine göre elde edilmiştir. Kerestelerin seçiminde; 1. sınıf kuru, sağlam, doğal renkli, lifleri birbirine paralel olması ve lif kıvrıklığının olmaması, ağaç kusurlarını içermemesi, böcek ve mantar zararlarına uğramaması gibi etmenler göz önünde bulundurulmuştur.

2.2. Tutkal (Adhesives)

Kavelalı ve lamba-zıvanalı deney örneklerinin yapıştırılmasında poliüretan (Pu) ve polivinilasetat (PVAc) tutkalları kullanılmıştır. Tutkal birleştirme arakesit yerlerine, lamba-zıvana yüzeylerine ve lamba-zıvana yuvalarına, kavela yüzeylerine ve kavela deliklerine ortalama 150 ± 10 gr/m² olarak fırça ile uygulanmıştır. Denemelerde kullanılan PVAc tutkalının özellikleri üretici firma tarafından yoğunluk 1.1 g/cm³, viskozite 160-200 cps, PH = 5.00, kül miktarı % 3, Pu tutkalının özellikleri ise yoğunluk 20 °C de 1.11 ± 0.02 g/cm³, viskozite 25 °C de 3300 – 4000 cps olarak verilmiş olup, 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem ortamında 30 dakikada sertleşmektedir [9].

2.3. Kavela (Dowel)

Bu çalışmada, TS 4539 [10] esaslarına uygun, 8 mm çapında ve 35 mm boyunda, düz yivli gövdeli Doğu kayını kavelalar kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Deneylerde kullanılan kavela boyutları (ölçüler mm)

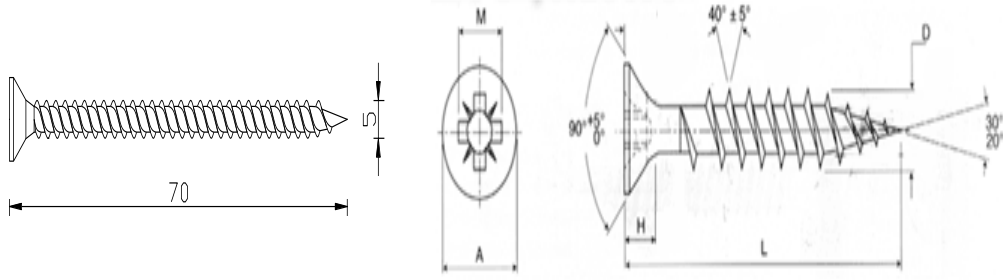
2.4. Bağlantı Elemanları (Fasteners)

Deney örneklerinin birleştirilmesinde vida ve silindirik-eksantrik bağlantı elemanları (minifiks-maksifiks) kullanılmıştır. Bunlara ilişkin detaylar ve ölçüler Şekil 2, 3 ve 4’de gösterilmiştir. TS 61 standartlarına uygun olarak seçilen, mobilya endüstrisinde kullanımı giderek yaygınlaşan, özellikle ahşap esaslı levhalardan üretilen mobilya birleştirmelerinde bağlantı elemanı olarak kullanılan yıldız başlı, 5 mm çapında ve 70 mm boyundaki vidalar

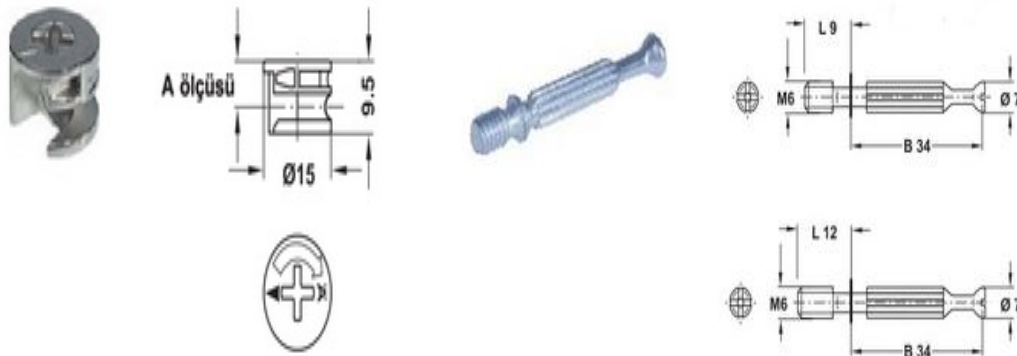
kullanılmıştır. Kullanılan vidanın kök çapı 3 mm, dış çapı 5 mm ve diş adımı 2.2 mm olarak belirlenmiştir.

2.5. Deney örneklerinin hazırlanması (Preparation of the specimens)

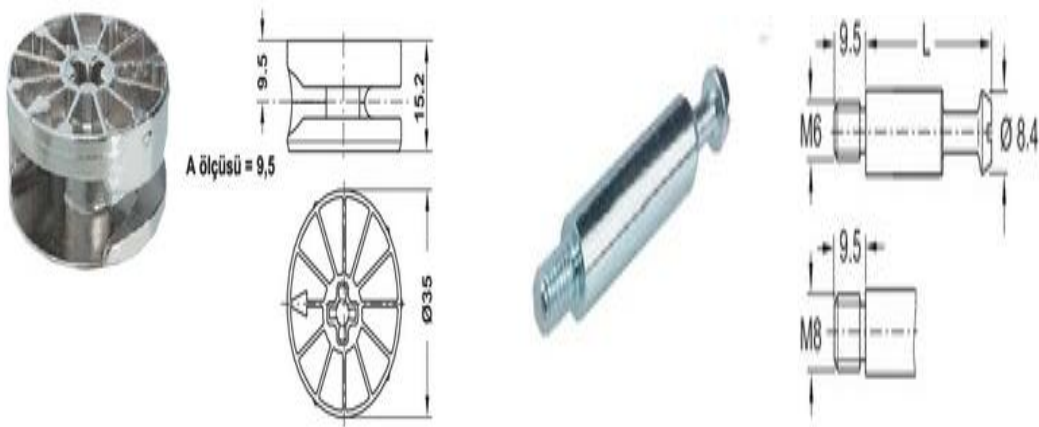
Deneylerde düşey ve yatay olmak üzere iki elemandan oluşan T-tipi birleştirme örnekleri hazırlanmıştır. T-tipi birleştirme örneklerinde yatay elemanlar 225x55x22 mm, düşey elemanlar ise 170x55x22 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Deney örneklerinin görünüşü ve ölçüleri Şekil 5’de verilmiştir.



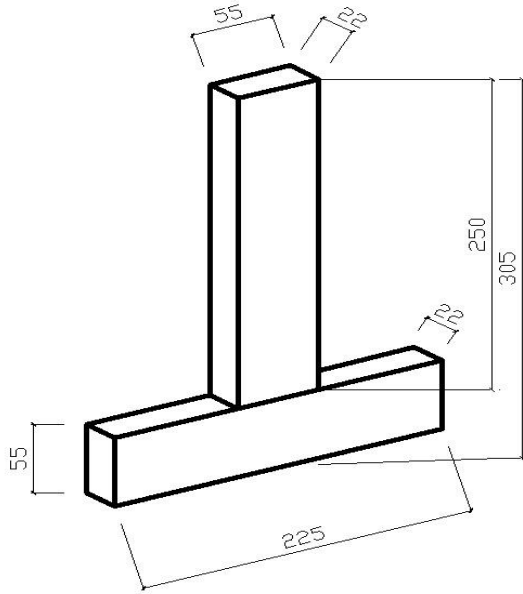
Şekil 2. Deney örneklerinde kullanılan vida örneği



Şekil 3. Deney örneklerinde kullanılan minifiks bağlantı elemanı



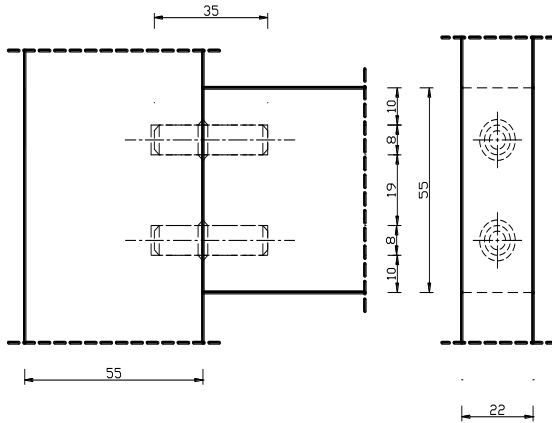
Şekil 4. Deney örneklerinde kullanılan maksifiks bağlantı elemanı



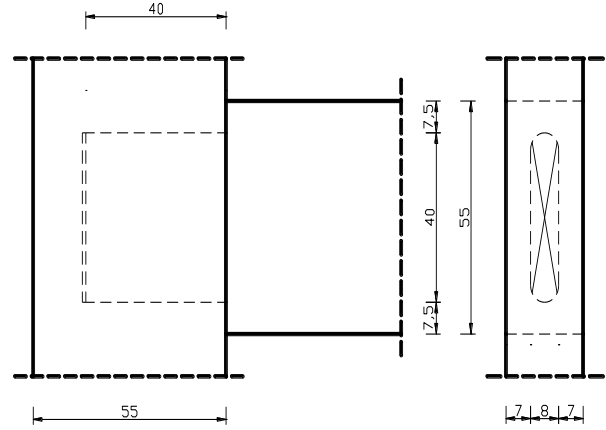
Şekil 5. T-tipi deney örneği (ölçüler mm)

Deney örneklerinin hazırlanması için temin edilen ağaç malzemeler önce kalaslar halinde uygun koşullarda altı ay istif edilmiş, daha sonra toleranslı ölçülerinde biçilmiş ve güneş ışığı almayan, havalandırılabilen merkezi ısıtma sistemli ortamda aralarına göknar latalar konularak bir yıl süre ile bekletilmişlerdir. Bu aşamadan sonra planya, kalınlık ve daire testere makinelerinde işlenerek net ölçülerine getirilmişlerdir.

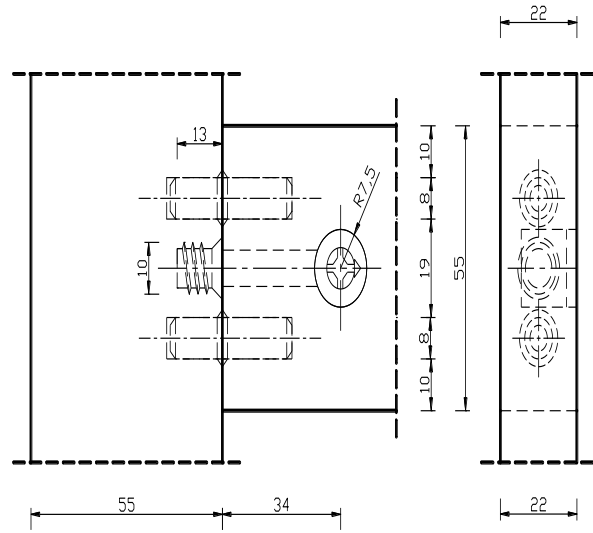
Deney örnekleri hazırlanırken, geleneksel tutkallı birleştirme tekniklerinden lamba-zıvanalı ve kavelalı birleştirmeler ile tutkallı birleştirmelere göre birçok üstünlükleri bulunan alternatif demonte birleştirme yöntemlerinden ise vidalı, maksifiksli ve minifiksli birleştirmeler kullanılmıştır. Geleneksel tutkallı birleştirmelerde PVAc ve Pu tutkalları kullanılmıştır. Uygulanan geleneksel ve alternatif birleştirme tekniklerine ilişkin detaylar Şekil 6a,6b,6c,6d ve 6e' de gösterilmiştir.



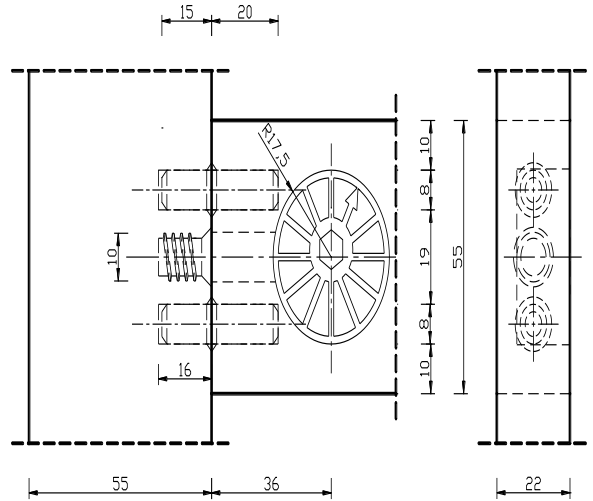
a. Kavelalı birleştirme



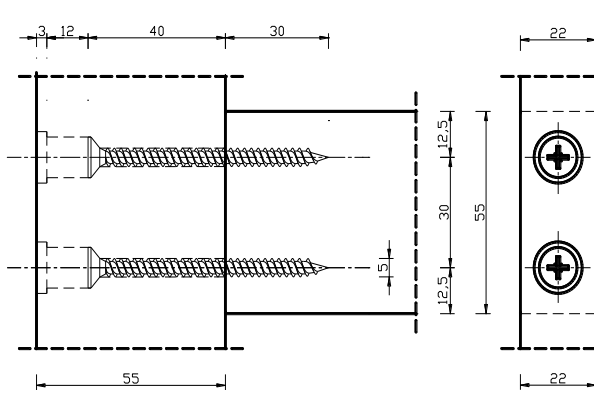
b. Lamba-zıvanalı birleştirme



c. Minifiksli birleştirme



d. Maksifiksli birleştirme



e. Vidalı Birleştirme

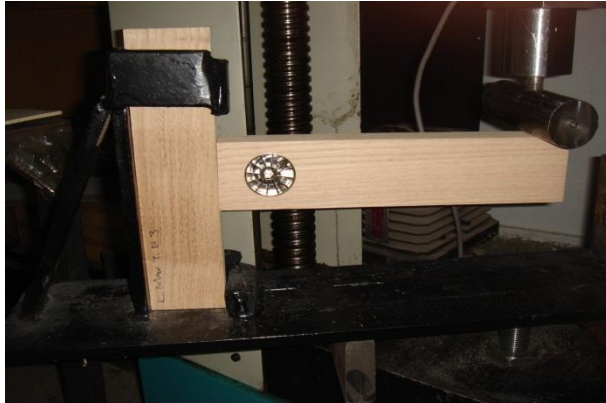
Şekil 6. Deneylerde uygulanan bağlantı teknikleri (ölçüler mm)

Deneylerde kullanılan örnekler, TS 2470 [11]'de belirtilen esaslara uyularak hazırlanarak 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 45 ± 3 bağıl nem koşullarında iklimlendirme dolabında belirtilerek rutubetleri yaklaşık %8'e getirilmiştir. Rutubet kontrolü ve yoğunluklar TS 2471 [12] ve TS 2472 [13]'deki esaslara göre tespit edilmiştir.

2.6. Deneylerin yapılışı (Method of testing)

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan ağaç malzemelerin çekme, basınç, liflere paralel kesme, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri sırasıyla TS 2475 [14], TS 2595 [15], TS 3459 [16], TS 2474 [17] ve TS 2478 [18] standartlarında belirtilen esaslara göre belirlenmiştir. T-tipi birleştirme elemanlarının eğilme deneyleri, 5 tonluk üniversal test cihazında, statik yük altında yükleme hızı 6 mm/dak olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 7).

Deneylerde, birleştirme yüzeylerinin açılarak deformasyona uğraması veya elemanların kırılması anındaki maksimum kuvvetler Newton (N) cinsinden kaydedilmiştir



Şekil 7. Deney düzeneği ve yük uygulama biçimi

Eğilme deneylerinde birleştirme yerlerinde oluşan moment, aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak belirlenmiştir.

$$M = F_{\max} \times L \text{ (Nm)}$$

Burada;

M= Moment (N.m)

F_{\max} = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

L= Moment kolu (0,225 m)

T-tipi birleştirme elemanlarının mekanik davranışını inceleyebilmek amacıyla düşey yönde meydana gelen yer değiştirme miktarları ölçülmüş olup, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla dönme açıları (rotasyon) ve birleştirmelerin elastikiyeti hesaplanmıştır (Şekil 4.27).

$$L^2 = H^2 + R^2 \text{ den } R^2 = L^2 - H^2$$

$$\Phi = \sin^{-1} . (H/L)$$

H= Ho –Düşey yöndeki yer değiştirme

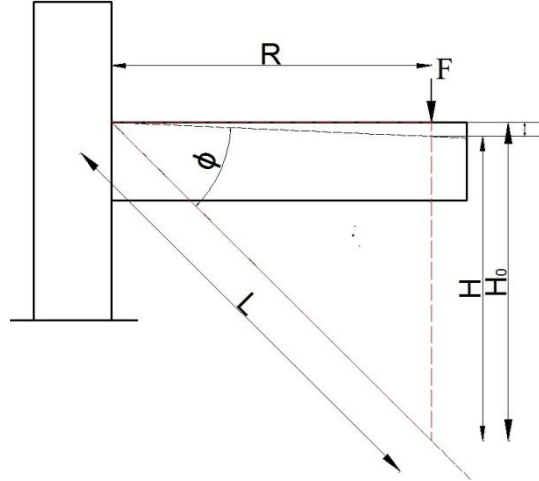
$$\text{Rotasyon} = 90 - 2 . \Phi \quad [19]$$

$$E = M / \Phi$$

Burada;

E= Elastikiyet (Nm / Rad)

Φ = Rotasyon (Rad)



Şekil 8. T-tipi birleştirme elemanlarının yük altındaki yer değiştirme biçimi

2.7. Verilerin Değerlendirilmesi (Evaluation of the Data)

Ağaç türü, birleştirme yöntemi ve ağaç türü-birleştirme yöntemi ikili etkileşiminin T-tipi birleştirme elemanlarının moment kapasitesi ve elastikiyetine etkileri "çoklu varyans analizleri" ile belirlenmiş, farklılıkların $p < 0.05$ 'e göre istatistiksel olarak anlamlı çıkması halinde bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için "en küçük önemli fark" (LSD) testi kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Kullanılan Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri (Some Physical and Mechanical Properties of the Wood Materials Used)

Deneyler sonucunda belirlenen bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir

Tablo 1. Kullanılan ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Ağaç Türü	Rutubet Miktarı (%)	$r \cong \% 8$ Yoğunluk (gr/cm^3)	Tam Kuru Yoğunluk (gr/cm^3)	Statik Eğilme Direnci (N/mm^2)	Elastikiyet Modülü (N/mm^2)	Basınç Direnci (N/mm^2)	Çekme Direnci (N/mm^2)	Makaslama Direnci (N/mm^2)
Ceviz	8,30	0,62	0,61	121,00	11659,70	55,69	72,82	18,08
Meşe	8,61	0,76	0,74	118,50	12161,30	58,20	82,21	19,41
Kayın	8,49	0,71	0,69	122,90	12462,60	61,74	108,86	15,23
Kestane	8,41	0,48	0,46	70,10	6768,60	56,96	55,78	10,16
Sarıçam	8,64	0,47	0,46	91,20	10475,30	43,96	68,58	10,74

3.2. Deformasyon Karakteristikleri (Modulus of Failures)

Deneyler yaklaşık olarak 3-5 dakika arasında gerçekleşmiştir. Minifiksli, maksifiksli, kavelalı birleştirmelerde değişik aralıklı düşük yoğunluklu zorlanma sesleri ile birlikte birleşme yerlerinin üst kısmında 2-3 mm boşluk oluştuğu, dönme ekseninin bulunduğu alt kısmında ise ezilmelerin olduğu, soket ve kavelanın birleşme yerlerinden sıyrılıp çıktığı tespit edilmiştir. Vidalı birleştirmelerde üst taraftaki vidanın dişleri ile numuneden küçük parçalar kopardığı ve vida başının karşı parçadan çıktığı, birleştirmenin üst

kısımında 5-10 mm boşlukların, alt kısımlarında 2-4 mm ezilmelerin olduğu görülmüştür. Lamba-zıvanalı birleştirmelerde 3-4 mm boşlukla birlikte çoğunlukla üst kısımdan başlayan kopmaların meydana geldiği görülmüştür.

3.3. T –tipi Birleştirme Elemanlarının Moment Kapasitesi ve Elastikiyeti (Bending Capacity and Elasticity of T-type Joints)

T-tipi birleştirme elemanlarının moment kapasitesi ve elastikiyetine ilişkin ortalama değerler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Ağaç türleri ve birleştirme yöntemleri moment ve elastiklik değerleri

Birleştirme Yöntemi	Ağaç Türü	Moment (Nm)		Elastikiyet (Nm / Rad)	
		X_{ort}	s	X_{ort}	s
Vidalı	Ceviz	237,67	30,64	1056,32	136,16
	Meşe	231,25	19,88	1027,76	88,34
	Kayın	221,95	20,81	986,44	92,51
	Kestane	147,21	16,00	654,25	71,12
	Sarıçam	129,80	5,66	576,90	25,18
Minifiks	Ceviz	102,04	23,62	453,50	104,99
	Meşe	79,43	5,20	353,02	23,11
	Kayın	87,11	10,59	387,14	47,05
	Kestane	72,80	6,99	323,54	31,05
	Sarıçam	69,94	6,58	310,85	29,25
Maksifiks	Ceviz	129,53	5,19	575,69	23,07
	Meşe	109,74	25,17	487,73	111,86
	Kayın	115,79	6,52	514,62	29,00
	Kestane	80,75	7,66	358,90	34,03
	Sarıçam	65,74	2,72	292,18	12,11
Kavela(Pu)	Ceviz	131,23	13,93	583,26	61,92
	Meşe	126,59	11,21	562,64	49,84
	Kayın	127,79	11,49	567,95	51,08
	Kestane	111,01	15,34	493,36	68,19
	Sarıçam	84,72	9,43	376,55	41,91
Lamba-zıvana(Pu)	Ceviz	305,41	43,20	1357,39	191,98
	Meşe	286,54	42,50	1273,52	188,90
	Kayın	281,97	38,34	1253,21	170,40
	Kestane	206,80	25,91	919,13	115,14
	Sarıçam	220,14	20,03	978,38	89,03
Kavela(PVAc)	Ceviz	108,59	9,73	482,63	43,23
	Meşe	107,27	8,21	476,76	36,47
	Kayın	115,08	31,75	511,47	141,10
	Kestane	78,54	13,13	349,08	58,33
	Sarıçam	67,88	8,84	301,68	39,27
Lamba-zıvana(PVAc)	Ceviz	285,72	21,14	1269,88	93,97
	Meşe	272,97	40,30	1213,20	179,10
	Kayın	308,60	37,65	1371,56	167,32
	Kestane	204,53	28,97	909,00	128,75
	Sarıçam	220,64	16,51	980,60	73,38

X_{ort} : Ortalama değer

Ağaç türü, birleştirme yöntemi ve bu iki faktörün etkileşiminin moment kapasitesi ve elastikiyet üzerindeki etkilerine ilişkin olarak yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

örneklerinde elde edilirken, onu Doğu kayınından üretilen deney örnekleri izlemiştir. En düşük moment ve elastikiyet değerleri ise aralarında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmayan Anadolu kestanesi ve

Tablo 3. Ağaç türü ve birleştirme yöntemi ikili etkileşimleri moment değerlerine ilişkin varyans analizi

Moment Kapasitesi					
Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Birleştirme Yöntemi	1825944,24	6,00	304324,04	640,69	0,000
Ağaç Türü	250520,64	4,00	62630,16	131,85	0,000
Birleştirme Yöntemi*Ağaç Türü	74629,51	24,00	3109,56	6,55	0,000
Error	149623,87	315,00	475,00		
Total	11046870,48	350,00			
Elastikiyet					
Birleştirme Yöntemi	36067959,60	6,00	6011326,60	640,69	0,000
Ağaç Türü	4948564,22	4,00	1237141,05	131,85	0,000
Birleştirme Yöntemi*Ağaç Türü	1474156,16	24,00	61423,17	6,55	0,000
Error	2955518,62	315,00	9382,60		
Total	218209524,58	350,00			

Varyans analizi sonuçlarına göre, moment kapasitesi ve elastikiyet üzerinde birleştirme yöntemi, ağaç türü ve bu iki faktörün ikili etkileşiminin etkileri 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

Ağaç türü faktörünün moment kapasitesi ve elastikiyet üzerindeki etkileri için LSD 7,2 N ve 32,1 N kritik değerleriyle yapılan karşılaştırma testi sonuçları Tablo 4’de verilmiştir.

sarıçamdan üretilen deney örneklerinden elde edilmiştir. Adı ceviz ve Doğu kayını odunlarının yüksek değerler göstermesi dağınık traheli homojen yapıları ve yoğunluklarının yüksek olması ile açıklanabilir. Sarıçam, Anadolu kestanesi odunlarında düşük moment ve elastikiyet değerleri elde edilmesi yoğunluklarının düşük olmasına bağlanabilir.

Birleştirme yöntemleri faktörünün moment kapasitesi ve elastikiyet üzerindeki etkileri için LSD

Tablo 4. Ağaç türüne göre moment ve elastikiyet ortalamaları karşılaştırma sonuçları

Ağaç Türü	Moment (Nm)	HG	Ağaç Türü	Elastikiyet (Nm/Rad)	HG
Sarıçam	122,69	C	Sarıçam	545,31	C
Kestane	128,81	C	Kestane	572,47	C
Meşe	173,40	B	Meşe	770,66	B
Kayın	179,76	AB	Kayın	798,91	AB
Ceviz	185,74	A	Ceviz	825,52	A
LSD ± 7,2 N			LSD ± 32,1 N		

Ağaç türüne göre en yüksek moment ve elastikiyet değerleri cevizden üretilen deney karşılaştırma testi sonuçları Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Birleştirme yöntemine ait moment ve elastikiyet değerlerinin homojenlik grupları dağılımı

Birleştirme Yöntemi	Moment (Nm)	HG	Birleştirme Yöntemi	Elastikiyet (Nm/Rad)	HG
Minifiks	82,26	E	Minifiks	365,61	E
Kavela(PVAc)	95,47	D	Kavela(PVAc)	424,32	D
Maksifiks	100,31	D	Maksifiks	445,82	D
Kavela(Pu)	116,27	C	Kavela(Pu)	516,75	C
Vidalı	193,58	B	Vidalı	860,34	B
Lamba-zıvana(PVAc)	258,49	A	Lamba-zıvana(PVAc)	1.148,85	A
Lamba-zıvana(Pu)	260,17	A	Lamba-zıvana(Pu)	1.156,33	A
LSD ± 14,6 N			LSD ± 64,8 N		

Birleştirme yöntemine göre; en yüksek moment ve elastikiyet değeri, aralarında anlamlı farklılıklar bulunmayan Pu ve PVAc tutkallı lamba-zıvanalı birleştirmelerde elde edilirken, bunu daha düşük değerlerle vidalı birleştirmeler izlemiştir. En düşük moment ve elastikiyet değeri ise minifiks ile birleştirilmiş deney örneklerinde belirlenmiştir.

Genel anlamda geleneksel tutkallı birleştirmeler mekanik bağlantılı alternatif birleştirmelerden yüksek değerler göstermiştir. Tutkallı birleştirmelerden lamba-zıvanalı birleştirme, kavelalı birleştirmeden aynı şekilde daha yüksek değerler vermiştir. Burada; lamba-zıvanalı birleştirmelerin yüksek değerler göstermesi yapışma yüzey alanının fazla olması ile ilişkili olabileceği ortaya

ise incelticisi olan suyun gerekli viskozitenin ayarlanarak sağlanması ile yapıştırıcı moleküllerinin oduna nüfuz miktarının artması yeterli bir katman oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna göre iç ortamlarda eğilmeye çalışan elemanlarda montaj için ekonomik hususlar dikkate alınmak suretiyle her iki tutkalın kullanılması da önerilebilir.

Ağaç türü-birleştirme yöntemi ikili etkileşimi LSD 19,1 ve 84,9 kritik değerleri için yapılan karşılaştırma testi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6'da verilen ağaç türü – birleştirme yöntemi etkileşimine göre en yüksek moment ve elastikiyet değerleri Doğu kayınından üretilmiş PVAc tutkallı lamba-zıvanalı deney örneklerinde elde

Tablo 6. Moment ve elastikiyet değerlerinin ağaç türü-birleştirme yöntemi ikili etkileşimi homojenlik grupları dağılımı.

Ağaç Türü	Birleştirme Yöntemi	Moment (Nm)	Elastikiyet (Nm/Rad)	HG
Sarıçam	Maksifiks	65,74	292,18	K
Sarıçam	Kavela(PVAc)	67,88	301,68	K
Sarıçam	Minifiks	69,94	310,85	K
Kestane	Minifiks	72,80	323,54	K
Kestane	Kavela(PVAc)	78,54	353,02	K
Meşe	Minifiks	79,43	353,02	K
Kestane	Maksifiks	80,75	358,90	K
Sarıçam	Kavela(Pu)	84,72	376,55	JK
Kayın	Minifiks	87,11	387,14	İJK
Ceviz	Minifiks	102,04	453,50	İİJ
Meşe	Kavela(PVAc)	107,27	476,76	Hİİ
Ceviz	Kavela(PVAc)	108,59	482,63	GHI
Meşe	Maksifiks	109,74	487,73	GHI
Kestane	Kavela(Pu)	111,01	493,36	GHI
Kayın	Kavela(PVAc)	115,08	511,47	GHI
Kayın	Maksifiks	115,79	514,62	GHI
Meşe	Kavela(Pu)	126,59	562,64	FGH
Kayın	Kavela(Pu)	127,79	567,95	FGH
Ceviz	Maksifiks	129,53	575,69	FGH
Sarıçam	Vidalı	129,80	576,90	FGH
Ceviz	Kavela(Pu)	131,23	583,26	FG
Kestane	Vidalı	147,21	654,25	F
Kestane	Lamba-zıvana(PVAc)	204,53	909,00	E
Kestane	Lamba-zıvana(Pu)	206,80	919,13	E
Sarıçam	Lamba-zıvana(Pu)	220,14	980,60	DE
Sarıçam	Lamba-zıvana(PVAc)	220,64	980,60	DE
Kayın	Vidalı	221,95	986,44	DE
Meşe	Vidalı	231,25	1.027,76	D
Ceviz	Vidalı	237,67	1.056,32	D
Meşe	Lamba-zıvana(PVAc)	272,97	1.213,20	C
Kayın	Lamba-zıvana(Pu)	281,97	1.253,21	C
Ceviz	Lamba-zıvana(PVAc)	285,72	1.269,88	BC
Meşe	Lamba-zıvana(Pu)	286,54	1.273,52	BC
Ceviz	Lamba-zıvana(Pu)	305,41	1.357,39	AB
Kayın	Lamba-zıvana(PVAc)	308,60	1.371,56	A
		LSD ± 19,1	LSD ± 84,9	

konulabilir. Birleştirme yöntemlerindeki sonuçlar da; geleneksel tutkallı birleştirmelerde Pu tutkalının PVAc tutkalına göre az da olsa yüksek değerler göstermiştir. Burada, Pu tutkalının bu durumu, esnek bir katman oluşturmasından kaynaklanabilir. Ayrıca, PVAc tutkalının bir miktar düşük bir performans göstermesi

edilmiştir. Bunu, cevizden üretilmiş Pu tutkallı lamba-zıvanalı deney örnekleri izlemiştir. En düşük moment ve elastikiyet değerleri ise aralarında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar bulunmayan, kestane ve sarıçamdan üretilmiş maksifiks, kestane sarıçam ve meşeden üretilmiş minifiks ile kestane ve sarıçamdan üretilmiş

PVAc tutkalı-kavelalı deney örneklerinde elde edilmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada, çerçeve tipi mobilyalarda yaygın olarak uygulanan farklı birleştirme yöntemleri ile birleştirilmiş T-tipi bağlantı elemanlarının eğmeye zorlayan kuvvetler karşısında gösterdikleri performanslar incelenmiştir. Deneyler sonucunda, farklı bağlantı teknikleri kullanılarak birleştirilmiş T-tipi deney örnekleri eğmeye çalışan kuvvetler karşısında grupları itibarıyla farklı mukavemet özellikleri göstermişlerdir. Moment kapasitesi ve elastikiyet üzerinde, ağaç türü ve birleştirme yönteminin etkili olduğu saptanmıştır.

Ağaç malzeme türüne göre en yüksek moment kapasitesi ve elastikiyet değerleri cevizde, en düşük değerler ise sarıçamda elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak ağaç malzemelerin yoğunluk farklılıkları, yapısal özellikleri, mekanik özellikleri ve bunlara bağlı olarak farklı derecelerdeki yapışma özellikleri gösterilebilir. Buna göre; çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda ekonomik hususlar da dikkate alınmak suretiyle cevizin tercih edilmesi teknik açıdan önerilebilir.

Tutkal çeşidinin eğilme mukavemetine etkisine bakıldığında Pu tutkalıyla PVAc tutkalı arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmamıştır. Bu nedenle ekonomik hususlara göre her iki tutkalında montaj tutkalı olarak kullanılması uygundur.

Birleştirme yöntemlerine göre, en yüksek moment kapasitesi ve elastikiyet değerleri PVAc ve Pu tutkalı lamba-zıvanalı birleştirmelerde, en düşük değerler ise minifiksli birleştirmelerde elde edilmiştir. Lamba-zıvanalı birleştirmede tutkal alanının daha fazla olması, lamba-zıvanalı birleştirmenin kavelalı birleştirmeden daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Minifiksli birleştirmede kuvvete direnç gösteren alanın soket-vida dış yüzeyi ile sınırlı olmasının en düşük değerleri vermesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Mobilya sektöründe mühendislik tasarımı yaklaşımı ile ürün tasarımı ve üretimin planlanması, bu planlama esnasında estetik görünüşün yanında yeterli sağlamlığın elde edilmesi için elde edilen verilerin değerlendirilmesi olumlu yönde katkılar sağlayacaktır. Mobilyanın işlevleri ve taşıyacağı yükler düşünüldüğünde, kullanılacak birleştirme yöntemlerinin özelliklerinin bilinmesi mobilyanın değerini ve ekonomik ömrünün olumlu yönde etkileyecektir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiştir (07/2008–13). Gazi Üniversitesi'ne sağladığı tüm olanaklardan dolayı çok teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) Efe, H., Erdil, Y., Z., Kasal, A., İmirzi, H., Ö., "Withdrawal Strength and Moment Capacity of Screwed T-Type End to Side Grain Furniture Joints", *Forest Products Journal*, 54 (11): 91 - 97, (2003).
- 2) Eckelman, C., A., "Bending Strength and Moment Rotation Characteristics of Two-Pin Dowel Joints", *Forest Product Journal*, 21 (3): 35–39 (1970).
- 3) Hill, D., M., and Eckelman, C., A., "Flexibility and Bending Strength of Mortise and Tenon Joints", *Purdue University*, 4758: 25–33 (1973).
- 4) Efe, H., "Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Ahşap Levhaların Soket-Vida Tutma Yetenekleri", Yüksek Lisans Tezi, *G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 12-16 (1992).
- 5) Efe, H., Zhang, J., L., Erdil, Y., Z., Kasal, A., "Moment Capacity of Traditional and Alternative T-Type End to Side Grain Furniture Joints", *Forest Product Journal*, (2003).
- 6) Dupont, W., "Rationalization of Glue Joints in the Woodworking Industry", Department of Forestry, Forest Products Laboratory, Canada, 1-8 (1963).
- 7) Efe, H., "Çerçeve Konstrüksiyonlu Mobilya "T" Birleştirmelerinin Mekanik Davranış Özellikleri", G.Ü., Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 6 (6): 113-131 (1998).
- 8) Altınok, M., Söğütlü, C., Döngel, N., "Şerit Testerede Açılmış Zıvanalı Birleşmenin Çekme Direncini Etkileyen Temel Faktörlerin Analizi", Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi, 3 (2–3): 195–203 (2000).
- 9) Polisan, Üretici Firma, <http://www.polisan.com.tr>, Bolu, 1996.
- 10) TS 4539, "Ahşap Birleştirmeler – Kavelalı Birleştirme Kuralları", *T.S.E.*, Ankara, (1985).
- 11) TS 2470 "Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler", *T.S.E.*, Ankara, (1976).
- 12) TS 2471, "Odunda, Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini", *T.S.E.*, Ankara, 1-3, 1976.
- 13) TS 2472 "Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini", *T.S.E.*, Ankara, (1976).
- 14) TS 2475 "Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini", *T.S.E.*, Ankara, (1976)
- 15) TS 2595 "Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini", *T.S.E.*, Ankara, (1977).
- 16) TS 3459 "Odunda Liflere Paralel Yönde Makaslama Direncinin Tayini", *T.S.E.*, Ankara, (1980).
- 17) TS 2474, "Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini", *T.S.E.*, Ankara, (1976).
- 18) TS 2478, "Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini", *T.S.E.*, Ankara, (1976).
- 19) Tankut, A. N. ve N. Tankut, "Effect of Some Factors on the Strength of Furniture Corner Joints Constructed with Wood Biscuits." *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(4): 301-309 (2004)]