

Alternatif Panel Mobilya Malzemesi Olarak Polivinil Klorür (PVC) Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikler Açısından Geleneksel Malzemelerle Karşılaştırılması

*Ali KASAL¹, Harun DİLER², Fatih BAYINDIR³, Selçuk DEMİRCİ⁴, Tolga KUŞKUN¹

¹Muğla Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçşişleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Muğla.

²Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Mobilya ve Dekorasyon Programı, Antalya.

³Merinos Mobilya, Torbalı, 35860, İzmir.

⁴E.Ü. Ege Meslek Yüksekokulu Mobilya ve Dekorasyon Programı 35100 Bornova/İzmir.

*Sorumlu yazar: alikalas@mu.edu.tr

Geliş Tarihi: 15.03.2013

Özet

Bu çalışmada, panel (kutu) mobilya üretimi için alternatif bir malzeme olarak düşünülen, üretimi ve kullanımı giderek yaygınlaşan polivinil klorür (PVC) levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri geleneksel ahşap esaslı levhalarla karşılaştırmalı olarak belirlenmiştir. Bu amaçla, üç farklı yoğunlukta ve kalitede PVC levhalar (PVC1, PVC2, PVC3) ile panel mobilya üretiminde kullanılan yonga levha (YL), orta yoğunlukta lif levha (MDF), sentetik reçine emdirilmiş kağıt kaplı yonga ve lif levha (YLLAM, MDFLAM) ve iki değişik yoğunlukta yönlendirilmiş yonga levhalar (OSB1, OSB2) kullanılmıştır. Deney örneklerinin fiziksel özelliklerden rutubet, yoğunluk, kalınlığa şişme değerleri, mekanik özelliklerden de statik yük altındaki yüzeye dik çekme, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü değerleri, kenardan ve yüzeyden vida ve minifiks tutma mukavemetleri, panel rijitliği değerleri ilgili standartlara uygun olarak belirlenmiştir. Deneyler sonucunda, PVC levhaların panel tipi mobilya üretiminde kullanımının teknik yönlerden aşırı yük taşımayacak yerlerde, özellikle ıslak mekanlarda kullanılmasının uygun olduğu, ancak ekonomik bakımdan uygunluğunun da araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Polivinil klorür (PVC) levha, ahşap esaslı levhalar, panel mobilya, fiziksel özellikler, mekanik özellikler.

Comparison of Some Physical and Mechanical Properties of Polyvinyl Chloride (Pvc) Panels As An Alternative to Conventional Case Furniture Materials

Abstract

In this study, physical and mechanical properties of polyvinyl chloride (PVC) panels that is commonly produced and used and expected to be an alternative material for panel (case) furniture manufacturing was determined and compared to the conventional wood based panels. For this purpose, 3 different density and qualities of PVC (PVC1, PVC2, PVC3) and some wood based panels namely particleboard (YL), medium density fiberboard (MDF), particleboard and medium density fiberboard surfaced with synthetic resin sheet (YLLAM, MDFLAM) and two different quality of oriented strand board (OSB1, OSB2) also were utilized. Moisture contents, density, and swelling of thickness values were determined as physical properties; also, internal bond strength, bending strength, modulus of elasticity, screw and minifix holding strength from edge and face, and modulus of rigidity values were determined as mechanical properties according to the related standard methods. At the end of the tests, it was concluded PVC panels could be utilized from technical point of view in the places that are not overstressed and especially in the wet spaces for case furniture manufacturing, however, it should be investigated that the use of PVC is economically suitable or not with compare to wood based panels.

Keywords: Polyvinyl chloride (PVC) panel, wood based panels, case furniture, physical properties, mechanical properties.

Giriş

Mobilya üretiminde genel olarak, kutu, çerçeve ve kombine olmak üzere üç temel konstrüksiyon kullanılmaktadır. Üretimde tablaların kullanıldığı mobilyalar kutu (panel) tipi, masif çerçevelerin yer aldığı mobilyalar çerçeve (iskelet) tipi, her iki eleman tipinin de kullanıldığı mobilyalar ise

kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak isimlendirilmektedir (Efe, 1994).

Günümüz modern evlerinde, duvar ve yer dolapları; mutfak, banyo, ofis ve diğer mekanlarda depolama amaçlı kullanılan vazgeçilmez panel mobilyalardır. Mobilya üniteleri çok amaçlı kullanıldıkları için; kullanımı sırasında etkisinde kalacakları yüklerin büyüklükleri ve nitelikleri çok

değişken yapıdadır. Bunlar, bazı durumlarda hafif yüklerin etkisinde kalırken, bazı durumlarda ise; ağır yüklerin etkisinde kalabilirler. Mobilyaların yük altındaki kararlılığı ve mukavemeti; elemanların birleştirme tekniklerine, üretilmiş oldukları malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlıdır. Çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda çubukların eğilme direnci, kutu tipi mobilyalarda ise tablaların rijitliği sistem direnci üzerinde daha etkili olmaktadır (İmirzi, 2008).

Günümüzde dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak yükselen kaliteli ve sağlam mobilya talepleri karşısında, sürekli azalan orman varlıkları ve doğal kaynaklar nedeniyle, mobilya üretiminde masif ağaç malzeme kullanımı ekonomik olmamaktadır. Yıllardır mobilya sektörünün ana maddesini ahşap ve ahşap esaslı levhalar oluşturmaktadır. Ancak, son yıllarda, gelişen teknoloji mobilya sektöründe farklı ana hammaddelerin kullanılmasına imkân vermiştir. Özellikle polivinilklorür (PVC) levhalar, düzgün ve sert bir yapıya sahip, suya ve neme karşı dayanıklı, asit, alkaliler, hidrolik yağlar gibi aşındırıcı maddelere karşı yüksek dirençli, farklı renklere boyanabilmesi, laminat ile kaplanabilmesi v.b. özelliklerinden dolayı iç dekorasyon ve mobilya üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Suya ve neme karşı dayanıklı olduklarından dolayı mutfak, banyo, wc gibi ortamlardaki mobilyaların yapımında kullanılabilir (Bayındır, 2009).

PVC' nin sert ve esnek olarak iki çeşit kullanım alanı vardır. Sert PVC daha çok boru, pencere profili, duvar kaplamaları vb. alanlarda kullanılır. Bunlar hava şartlarına dayanıklı, mukavemeti yüksek, sert ve kendi kendine yanmazlık özelliklerine sahiptir. Yumuşak veya fleksibül PVC türleri ise; daha çok kablo sanayi, yer döşemeleri, oyuncak ve eldiven yapımında kullanılmaktadır. Özellikle düşük ısı kararlılığına sahip olan PVC'nin ısıtıldığı zaman metal yüzeylere yapışma özelliği çok yüksektir. PVC hava şartlarına olan yüksek dayanıklılığı, kolay işlenebilmesi, metal yüzeye yapışma özelliğinin olması ve iyi elektriksel özelliklerinin bulunması nedeni ile kablo imalatında geniş yer almıştır. Ülkemizde yapılan alçak gerilim kablokaplamalarının

tamamına yakın kısmı PVC den imal edilmektedir. Yaşam döngüsü boyunca PVC, üretim için tehlikeli kimyasalları gerektirmekte, zararlı katkısallar yaymakta ve zehirli atık yaratmaktadır. Neredeyse tüm PVC ürünlerinin daha güvenli, uygulanabilir alternatifleri şu an mevcut olmasına rağmen üretiminin tüm dünyada gittikçe artmaktadır (Aydn, 2004).

Bu malzemelerin direk olarak mobilya üretiminde masif ağaç malzeme yerine kullanılması ciddi mukavemet problemlerine yol açabilir. Bu nedenle, PVC levhaların, özellikle panel mobilya üretiminde kullanıldığında, nasıl mekanik davranış özellikleri gösterecekleri belirlenmelidir. Kutu konstrüksiyonlu mobilyalar için alternatif malzeme özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalardan gerek deney örneklerinin hazırlanması, gerekse deney yöntemlerinin uygulanması aşamasında yararlanılmış olan bazılarına ilişkin özet bilgiler aşağıda verilmiştir.

Masif malzemeye alternatif olarak üretilen ahşap esaslı malzemeler, hem ekonomiklik hem de çeşitli teknik üstünlüklerinden dolayı mobilya üretiminde kullanılmaktadır. Kontrplak, yönlendirilmiş yonga levha (OSB), YL ve MDF bu malzemelere örnek olarak verilebilir. Bu malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesiyle, bu tip malzemeler mobilya endüstrisinde daha çok kullanım imkânı bulabilecektir (Efe, 1994). Son yıllarda, kontrplak, OSB, MDF vb. ahşap esaslı levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri ve mobilya üretiminde kullanımları ile ilgili yayınların sayısı giderek artmaktadır. MDF, OSB ve YL'nin yorulma dirençleri belirlenerek, mobilya mukavemet tasarımında kullanılmak üzere kabul edilebilir tasarım gerilmesi değerleri hesaplanmıştır (Bao ve Eckelman, 1995). YL, OSB ve MDF için kabul edilebilir tasarım gerilmeleri belirlenip her malzemenin eğilmede yorulma direncinin, ortalama eğilme direncinin % 30 – 40'ına karşılık geldiği bildirilmiştir (Bao vd., 1996). Sandviç panellerin ve bileşenlerinin statik test sırasında ve sonrasında kırılma mekaniği direnci ve sertliği araştırılmıştır. Sonuç

olarak, sandviç yapıların sertlik ve yüklenme kusuru şartları mekanik karakteristikleri bileşenlerine nazaran daha iyi olduğu bildirilmiştir (Bezazi vd., 2007). Çeşitli masif ve ahşap esaslı levhaların mobilya mühendislik tasarımında gerekli olan bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, ilgili standartlara göre belirlenmiş, ayrıca, literatürdeki bazı çalışmalarda kullanılmış olan emniyet katsayıları kullanılarak masif ve ahşap esaslı levhalar için kabul edilebilir tasarım (emniyet) gerilmeleri değerleri hesaplanmıştır (Efe ve Kasal, 2007). Mobilya yapımında kullanılan OSB, MDF ve YL gibi ahşap esaslı levhaların, çeşitli yüzey biçimlerindeki kavelalar ile tutma mukavemetleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, fazla miktarda tutkal kullanımının mukavemeti arttırdığı, spiral yivli yüzeyli kavelaların, düz yivli kavelalardan daha yüksek mukavemet gösterdiği, ayrıca, yüzeyden kavala tutma mukavemetinin, kullanılan malzemenin iç yapışma direnci ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Eckelman ve Cassens, 1985). Bazı masif ve ahşap esaslı levhaların, kenardan ve yüzeyden kavala tutma performansları araştırılmıştır. Statik yük altında toplam 1100 numunenin çekme testine alındığı deneylerin sonuçları sayısal formüller haline getirilerek mobilya tasarımcılarının kenardan ve yüzeyden kavala tutma performansını, her bir malzeme çeşidi için kavala çapı ve kavala etkili boyunun fonksiyonu olarak tahmin edebilmelerini sağlayacak eşitlikler geliştirilmiştir (Kasal, 2007). Kontrplak ve yönlendirilmiş yonga levha (OSB) malzemelerinin vida tutma mukavemetleri araştırılmıştır. Sonuçta, bu malzemelerin vida tutma mukavemetleri üzerinde vida çapı, vida etkili boyu ve malzeme yoğunluğunun etkili olduğu belirtilmiştir (Erdil vd., 2002).

Bu çalışmada, mobilya üretimi için alternatif bir malzeme olarak düşünülen, üretimi ve kullanımı giderek yaygınlaşan PVC levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve geleneksel ahşap esaslı levhalarla karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu nedenle; mobilya üretiminde kullanılan çeşitli ahşap esaslı levhalar da aynı koşullar altında denenmiş ve elde edilen sonuçlar PVC levhalarla karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

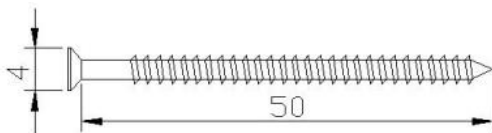
Malzeme ve Yöntem

Ahşap esaslı ve polivinilklorür (PVC) levhalar

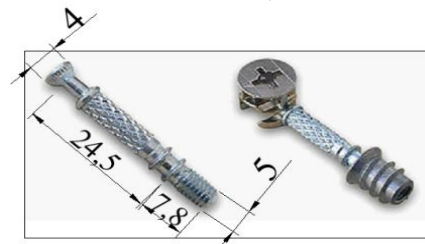
Deneylerde ahşap esaslı levha olarak, 18 mm kalınlığında yonga levha (YL), orta yoğunlukta lif levha (MDF) sentetik reçine kaplanmış yonga ve orta yoğunlukta lif levha, (YLLAM, MDFLAM) ve iki farklı yoğunlukta yönlendirilmiş yonga levha (OSB1, OSB2) kullanılmıştır. Ayrıca, 18 mm kalınlığında bir yoğunlukta ve 19 mm kalınlığında iki farklı yoğunlukta PVC levhalar kullanılmıştır. PVC levhalar İstanbul piyasasından temin edilmiş olup, PVC1 (18 mm) ve PVC2 (19 mm)'nin Avrupa'dan PVC3 (19 mm)'ün ise uzak doğu'dan ithal edildiği bilgisi temin edilen firmadan alınmıştır.

Bağlantı Elemanları (Vida ve Minifiks)

Deneylerde, özellikle ahşap esaslı levhalardan üretilen mobilya birleştirmelerinde bağlantı elemanı olarak kullanılan, yıldız vida ağızlı, 4 mm çapında ve 50 mm boyundaki tam boy dişli vidalar kullanılmıştır (Şekil 1a). Kullanılan vidanın diş dibi çapı 2,4 mm, diş adımı ise 1,8 mm'dir. Kullanılan diğer ana birleştirme elemanı olarak da metal soketiminifiks bağlantı elemanı kullanılmıştır (Şekil 1b).



a.



b.

Şekil 1. Deneylerde kullanılan (a) vida ve (b) minifiks (ölçüler mm'dir)

Deneylerde malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Bu çalışmada, ahşap esaslı ve PVC levhaların rutubet, yoğunluk ve kalınlığa şişme gibi fiziksel özellikleri ve statik yük altında; yüzeye dik çekme, eğilme dirençleri, eğilmede elastikiyet modülü değerleri, kenardan ve yüzeyden vida ve minifiks tutma mukavemetleri ve panel rijitlik modülü değerleri ilgili standartlara uyularak belirlenmiştir.

Tüm deney örnekleri, deneylerden önce ASTM-D 1037 standartlarına göre 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında dengeye ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Mekanik Deneyler Muğla Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Uygulama Atelyesinde bulunan 5 ton kapasiteli Üniversal Test Cihazı'nda gerçekleştirilmiştir.

Rutubet ve yoğunluk

Deney örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesinde ahşap esaslı ve PVC levhalar için TS EN 323'de belirtilen esaslara uyulmuştur. PVC levhalar hidrofobik bir malzeme olmasından dolayı, rutubet oranları hesaplanmamış ve sadece yoğunlukları belirlenmiştir. Ahşap esaslı levhaların rutubet (r) kontrolü için TS EN 322'de belirtilen esaslara uyulmuştur.

Kalınlığa şişme miktarları

Deney örneklerinin su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığa şişme miktarlarının belirlenmesi amacıyla TS EN 317'de belirlenen esaslara uyulmuştur. Deney parçaları her levhadan 10 adet olmak üzere, toplam 90 adet 50×50 mm ölçülerinde ve levha kalınlığında hazırlanmıştır. Suya daldırma işleminden önce kalınlıkları TS EN 325'e uygun olarak köşegenlerin kesişme noktalarından $0,01$ mm duyarlılıktaki dijital kumpas ile ölçülmüştür. Ölçme işleminden sonra deney örnekleri su tankının tabanına ve birbirlerine değmeyecek şekilde ve suyun üst yüzeyinden 25 ± 5 mm aşağıda olacak şekilde, PH değeri 7 ± 1 ve sıcaklığı 20 ± 1 °C olan su içerisine daldırılmıştır. Su içerisinde 2 saat bekleme süresinden sonra örnekler sudan çıkartılmış ve fazla suları bir

bez ile alınarak kalınlıkları tekrardan ölçülmüştür. Deney örnekleri suya daldırılmadan, su tankındaki su değiştirilmiştir. Suya yeniden daldırılan parçalar, ilk daldırma işleminden 24 saat sonra sudan çıkartılmış ve kalınlıkları ilk ölçüm noktasından tekrar ölçülmüştür. Her deney örneği için, kalınlığa şişme "G_t" yüzde olarak (1) numaralı formülle hesaplanmıştır:

$$G_t = [(t_2 - t_1) / t_1] \times 100 (\%) \quad (1)$$

Burada;

G_t: Kalınlık artımı (%)

t₁: Deney örneğinin suya daldırmadan önceki kalınlığı (mm),

t₂: Deney örneğinin suya daldırıldıktan sonraki kalınlığı (mm)'dir.

Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü

Deney örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin belirlenmesi amacıyla TS EN 310'da belirtilen esaslara uyulmuştur. Deneylerde, örneklerin yarısı levhanın boyu yönünde, diğer yarısı ise levhanın eni yönünde alınmıştır. Mesnet açıklıkları (L_s) 300 mm olarak alınmıştır. Deneylerde kullanılan mesnetlerin çapı $15 \pm 0,5$ mm, yüklemenin yapıldığı başlığın çapı ise $30 \pm 0,5$ mm'dir. Deneylerde kuvvet; örneğin tam ortasından 2 mm/daksabit hızla uygulanmıştır (Şekil 2). Yer değiştirme deney parçasının ortasından komperatöryardımla $0,1$ mm hassasiyetle ölçülmüş ve ölçüm sırasında uygulanan yükün değeri de $0,1$ g hassasiyetle ölçülerek, "yük-yer değiştirme" diyagramı çizilmiştir. Kırılma anındaki maksimum yük (F_{maxe}) için, eğilme direnci formül (2)'ye göre hesaplanmıştır.

$$\sigma_e = (3 \times F_{maxe} \times L_s / 2 \times b \times h^2) (N/mm^2) (2)$$

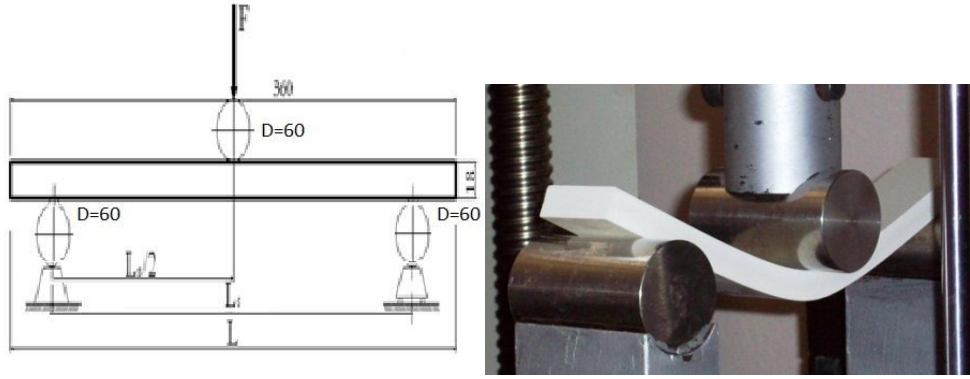
Burada;

L_s: Dayanak eksenleri (destek) arasındaki mesafe (300 mm),

b : Deney örneğinin genişliği (50 mm),

h : Deney örneğinin kalınlığı veya yüksekliği (18-19 mm),

F_{maxe}: Deney örneğinin kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)'tir.



Şekil 2. Eğilme direnci deney örneği (ölçüler mm'dir)

Elastikiyet modülü (E), yük-yer değiştirme eğrisinin doğrusal kısmından yararlanılarak hesaplanmıştır. Yük-yer değiştirme eğrisinin doğrusal kısmına isabet eden her bir yük için belirli bir yer değiştirme değeri söz konusu olduğundan, (F1) ve (F2) kuvvetleri farkına (ΔF) karşılık oluşan çökme miktarı (Δf) olmak üzere, elastikiyet modülü (E) formül (3)'ten hesaplanmıştır.

$$E = (\Delta F \times L_s^3) / (4 \times \Delta f \times b \times h^3) \quad (3)$$

Burada;

E: Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm^2)

ΔF : Yük-sehim oranlılık bölgesindeki yük artışı (N), (F2-F1)

F1: Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 10'u (N)

F2: Yaklaşık olarak maksimum kuvvetin % 40'ı (N)'dir.

Δf : (F2 - F1) kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır.

Yüzeye dik çekme direnci

Deney örneklerinin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin belirlenmesi amacıyla TS EN 319'da belirlenen esaslara uyulmuştur. Deneylerde kullanılmak üzere, deney bloklarını makineye bağlamayı kolaylaştırmak için metalden özel aparatlar yapılmıştır. Deney örnekleri, kuvvetin uygulanma biçimi ve deneyin yapılışı Şekil 3'te gösterilmiştir.

Deney örnekleri, deney makinesinin çeneleri arasına yerleştirildikten sonra çekme kuvveti uygulanarak kopartılmıştır. Kuvveti uygulayan başlığın hızı; 2mm dakolarak ayarlanmıştır.



Şekil 3. Levha yüzeyine dik çekme deneyi test düzeneği

Deney parçasının kopma anındaki uygulanan maksimum kuvvet 0.01 hassasiyetle ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Her deney parçasının levha yüzeyine dik yöndeki çekme direnci " σ_ζ " formül (4)'e göre hesaplanmıştır:

$$\sigma_\zeta = F_{max\zeta} / (a_\zeta \times b_\zeta) \quad (N/mm^2) \quad (4)$$

Burada;

$F_{max\zeta}$: Kopma yükü (N)

a, b: Deney parçasının uzunluk ve genişliği (mm)'dir.

Panel rijitlik modülü

Rijitlik panele uygulanan yükün (F) o panelde meydana getirdiği deformasyona (y) oranı olarak kabul edilir. Deneysel olarak yapılan rijitlik analizlerinde çeşitli yöntemler olmakla beraber Şekil 4'deki gibi panel üç köşe noktasından sabitlenerek dördüncü sabit noktasından yük uygulanmaktadır (Eckelman, 1991). Serbest köşedeki yük (F) altında meydana gelen deformasyon (y) formül (5)'e göre hesaplanmıştır. Deneylerde L1 boyları kalınlığın 25 katı (480 mm) olarak alınmıştır

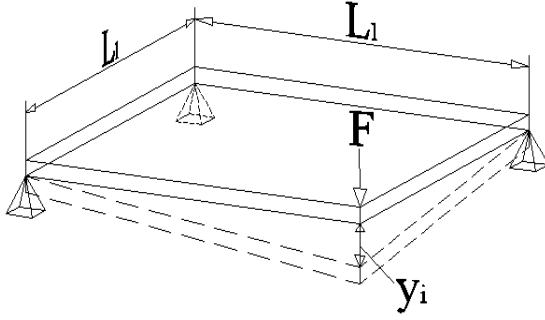
$$F/y = t^3 G / (3L_1 x L_1) \quad (5)$$

Burada;

t : Panel kalınlığı, (mm),

G : Panelin rijitlik modülü, (N/mm^2)

L_1 : Panelin burkulma eksenindeki uzunluğu ve genişliği, (mm)



Şekil 4. Panel rijitliği deneyinde yük-yer değiştirme biçimi

Vida tutma mukavemeti

Malzemelerin vida tutma mukavemetlerinin belirlenmesinde, TS EN 13446 ve TS EN 320'de belirtilen esaslara uyulmuştur. Deneylerde 4 x 50 mm ölçüsünde düşük karbon çelikli vidalar

kullanılmıştır. Vida tutma deney örneği ve test düzeneği Şekil 5'de gösterilmiştir. Deneylerde yükleme hızı 2 mm/dak olarak ayarlanmış ve vida tutma mukavemeti vidanın geri çıkma anındaki kuvvet (N) olarak belirlenmiştir.



(a)



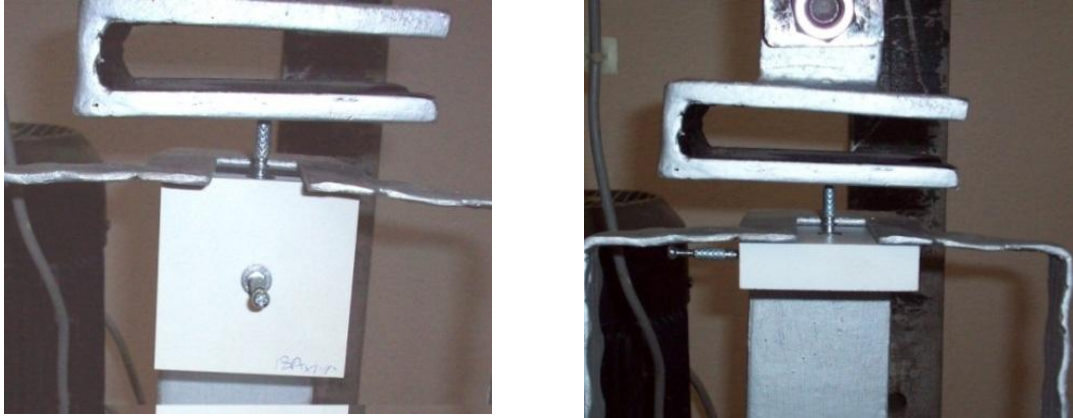
(b)

Resim 5. Kenardan (a) ve yüzeyden (b) vida tutma mukavemeti deney düzeneği

Minifiks tutma mukavemeti

Deney örneklerine kenardan ve yüzeyden olmak üzere iki farklı yönde minifiks bağlantısı yapılmıştır. Kullanılan metal soketlerin dış dibi çap ölçüsünden 1 mm fazla olacak şekilde delikler açılmış ve metal soketler yerleştirilerek minifiks vidaları

takılmıştır. Minifiks tutma mukavemeti deneylerinde vida tutma mukavemeti deneylerindeki esaslar dikkate alınmıştır. Deneylerde çelikten yapılmış ve üzeri nikelajla kaplı minifiksler kullanılmıştır. Minifiks tutma deney örneği ve test düzeneği Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Kenardan (a) ve yüzeyden (b) minifiks tutma mukavemeti deney düzeneği

Bulgular ve Tartışma

Rutubet ve yoğunluk

PVC levhalar hidrofobik malzeme oldukları ve bünyelerinde su ve nem barındırmadıklarından, rutubet ölçümleri

sadece ahşap esaslı levhalar için gerçekleştirilmiştir. Deney örneklerinin rutubet, tam kuru yoğunluk ve rutubetli yoğunluk değerlerine ilişkin veriler Tablo 1’te verilmiştir.

Tablo 1. Rutubet, tam kuru yoğunluk ve rutubetli yoğunluk değerleri

Malzeme Çeşidi	Rutubet Oranı (%)		Tam Kuru Yoğunluk (gr/cm^3)		Rutubetli Yoğunluk (gr/cm^3)	
	X_{ort}	v (%)	X_{ort}	v (%)	X_{ort}	v (%)
YL	6.82	1.61	0.57	3.13	0.60	2.99
YLLAM	6.51	1.07	0.66	1.34	0.69	1.43
MDF	6.12	0.91	0.75	1.11	0.77	0.84
MDFLAM	5.93	1.29	0.76	0.78	0.78	0.69
OSB 1	5.78	1.12	0.55	2.85	0.57	2.80
OSB 2	5.87	1.55	0.52	3.38	0.53	3.22
PVC 1	0	0	0.40	0.78	-	-
PVC 2	0	0	0.39	2.76	-	-
PVC 3	0	0	0.40	0.99	-	-

X_{ort} : Ortalama değer, v(%): Varyasyon katsayısı

TS EN 312-1 standardının ön gördüğü % 5 - % 13 rutubet miktarı aralığı dikkate değerdir. Tüm ahşap esaslı levhaların rutubet oranları kabul edilebilir sınırlar içerisinde bulunmuştur.

Kalınlığa şişme miktarı

Deney örneklerinin 2 saat ve 24 saat suda bekletildikten sonraki kalınlığa şişme değerlerine ait veriler Tablo 2’de, yapılan tek düzeyli varyans analizi sonuçları ise Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. 2 ve 24 saat suda bekletmeden sonra kalınlığa şişme oranları

Kalınlığa Şişme Oranı (%)	2 saat				24 saat			
	X_{min}	X_{max}	X_{ort}	v(%)	X_{min}	X_{max}	X_{ort}	v(%)
YL	9.14	10.74	9.77	5.21	10.94	13.42	12.12	6.37
YLLAM	3.30	4.23	3.84	9.34	24.64	26.62	25.36	2.32
MDF	1.49	1.82	1.70	5.38	9.03	10.69	9.86	4.28
MDFLAM	0.60	0.71	0.64	7.13	4.38	5.33	4.67	5.92
OSB1	11.00	14.61	12.77	9.96	20.95	27.92	24.38	8.88
OSB2	11.09	13.95	12.54	7.34	20.56	26.36	23.08	8.72

X_{min} : En küçük değer X_{max} : En büyük değer X_{ort} : Ortalama değer v(%): Varyasyon katsayısı

Tablo 2'ye göre 2 saat suya daldırma sonucundaki kalınlığa şişme miktarlarının ortalama en yüksek % 12.77 ile OSB 1'de, en düşük ise % 0.64 ile MDFLAM'da olduğu gözlemlenmiştir. 24 saat sonraki ölçümler sonucunda ortalama en yüksek değer % 25.36 ile YLLAM'da, en düşük değer ise % 4.67 ile MDFLAM'da elde edilmiştir. OSB 1'in 2 saat sonraki ortalama kalınlığa şişme değerleri ile YLLAM'ın 2 saat sonraki ortalama değerleri karşılaştırıldığında aralarında % 8.93'lük bir farkla OSB 1'in daha fazla kalınlığa şişme yaptığı saptanmıştır. Ancak, bu fark 24 saat sonraki ölçümlerde ortalama % 0.98'e kadar düşmüştür. Bu veriler doğrultusunda OSB 1'in YLLAM'a göre daha hızlı su alarak kalınlığa şişme yaptığı söylenebilir.

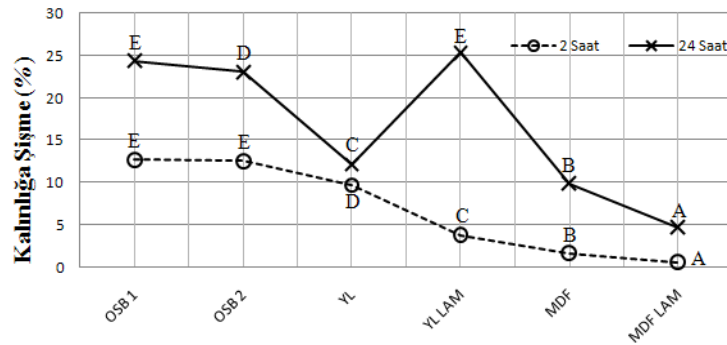
Yonga levhalarda kalınlığına şişme, doğrudan doğruya üretimde kullanılan değişkenlerle ilişkilidir. Üretimde kullanılan odun çeşidi, yonga boyutu, levha yoğunluğu, tutkal oranı, tutkalın yonga ile karıştırılmasındaki homojenlik ve presleme şartlarına bağlı olarak değişiklikler olabilmektedir. Bunun yanı sıra yonga levhalarda kalınlığına şişme iki faktörün toplamı olarak belirlenir. Birincisi yonga odununun şişmesi, diğeri ise presleme sonucu oluşan sıkışmanın bozulması ile oluşan şişmedir. Presleme basıncı arttıkça levha yoğunluğu artmaktadır. Yoğunluğu fazla olan yonga levhaların, yoğunluğu az olan levhalara göre kalınlığına şişme oranları daha fazla olmaktadır (Günsel, 2004).

Tablo 3. Tek düzeyli varyans analizi sonuçları

	Varyans Kaynakları	Kareler	Serbestlik	Kareler	F Değeri	Hata İhtimali P<0.05
		Toplamı	Derecesi	Ortalaması		
2saat	Gruplar İçi	3.429	9	0.381	0.7688	
	Gruplar Arası	1500.322	5	300.064	605.5574	0.000
	Hata	22.298	45	0.469		
	Toplam	1526.049	59			
24saat	Varyans Kaynakları	Kareler	Serbestlik	Kareler	F Değeri	Hata İhtimali P<0.05
		Toplamı	Derecesi	Ortalaması		
	Gruplar İçi	11.620	9	1.291	0.7472	
	Gruplar Arası	3868.599	5	773.72	447.7600	0.000
	Hata	77.759	45	1.728		
	Toplam	3957.978	59			

2 saat ve 24 saat sonra yapılan suya daldırma işlemi sonucu, kalınlığa şişme verileri varyans analizi ile değerlendirilmiş ve önem düzeyleri 0.05' den küçük çıktığı için bütün malzeme çeşitlerinin kalınlığa şişme üzerindeki etkileri önemli

bulunmuştur. Deney örneklerinin 2 ve 24 saat su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığa şişmesinin belirlenmesi için yapılan ölçümler sonucundaki verilerin LSD 0.634 ve 1.184 için karşılaştırılması Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Kalınlığa şişme oranlarının karşılaştırma sonuçları

OSB1 ve OSB2 malzemelerinde 2 saat ve 24 saat sonraki ölçümler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. Grafiğe göre; 24 saat sonraki ölçümler sonucunda ortalama % 4.67 ile en az MDF, % 25.36 ile en çok YLLAM'ın kalınlığına şişme yaptığı belirlenmiştir.

Eğilme direnci ve elastikiyet modülü

PVC levhalardan yapılan deney örneklerinin eğilme direnci deneylerinde meydana gelen göçme karakteristikleri ahşap esaslı levhalara göre daha uzun sürmüştür. Bunun nedeni; uygulanan yük karşısında malzemenin çok fazla yer

değiştirmeyapmasıdır. Deneylerde kuvvet uygulamaya başlandıktan sonraki 240-300 sn'lik zaman dilimi içerisinde en büyük kuvvete ulaşılmış olup, bu kuvvete ulaşıldıktan sonraki 300 sn'lik süre içerisinde deney örneklerinde büyük yer değiştirmeler sonucunda kırılmaların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Deneylerde gözlemlenen, PVC levhaların yük taşımasına rağmen, kırılma olmadan çok büyük yer değiştirmeler yapması olmuştur. Bu yer değiştirme miktarları kabul edilebilir sınırların çok üzerindedir. Deney örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyetmodülü ortalama değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Deney örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü ortalama değerleri

Malzeme Çeşidi	Eğilme Direnci ($N\ mm^2$)		Elastikiyet Modülü ($N\ mm^2$)	
	X_{ort}	v(%)	X_{ort}	v(%)
YL	12.91	14.11	2674	18.08
YLLAM	15.00	6.59	4435	7.09
MDF	38.98	5.44	2824	8.64
MDFLAM	26.51	3.81	4347	7.02
OSB1	26.26	9.42	4869	8.33
OSB2	22.99	12.97	4111	9.94
PVC1	17.41	4.15	752	7.43
PVC2	18.12	15.42	672	20.59
PVC3	18.79	12.45	683	16.33

Deney örneklerinin eğilme direnci ortalamalarına göre, en yüksek değer 38.98 N/mm^2 ile MDF'de elde edilmiştir. Tablodaki veriler doğrultusunda PVC levhaların (PVC1, PVC2, PVC3) YL ve YLLAM'a göre ortalama olarak daha yüksek eğilme direncine sahip oldukları belirlenmiştir.

Elastikiyet modülü, levhaların dolapların, raf gibi eğilmeye maruz kalan elemanlarındaki deformasyonunda önem arz etmekte ve bu gibi yerlerde elastikiyet

modülünün yüksek olması gerekmektedir. Tablodaki veriler bakıldığında ortalama en yüksek değer 4869 N/mm^2 ile OSB1'de elde edilmiştir. PVC levhalarda ise elastikiyet modülü değerleri diğer malzemelere kıyasla çok düşüktür. Ahşap esaslı ve PVC levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yapılan tek düzeyli varyans analizi sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

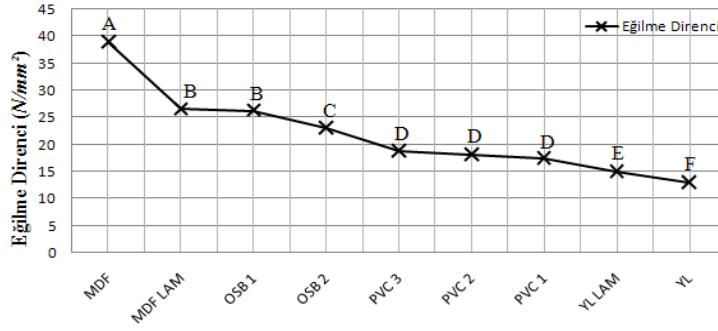
Tablo 5. Eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ilişkin varyans analizi sonuçları

VaryansKaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $P<0.05$
Gruplar İçi	52.062	9	5.785	1.4076	0.201
Gruplar Arası	5055.622	8	631.953	153.7812	0.000
Hata	295.879	72	4.109		
Toplam	5403.562	89			

VaryansKaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $P<0.05$
Gruplar İçi	335806.844	9	37311.872	0.3667	
Gruplar Arası	242823491.400	8	30352936.430	298.3318	0.000
Hata	7325438.156	72	101742.197		
Toplam	250484736.400	89			

Malzeme çeşitlerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri üzerindeki etkisi varyans analizi ile değerlendirilmiş ve 0.05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Analiz sonuçlarından, malzeme çeşitlerine göre elastikiyet modülü değerlerinin, eğilme direncinden daha fazla etkilendiği anlaşılmaktadır.

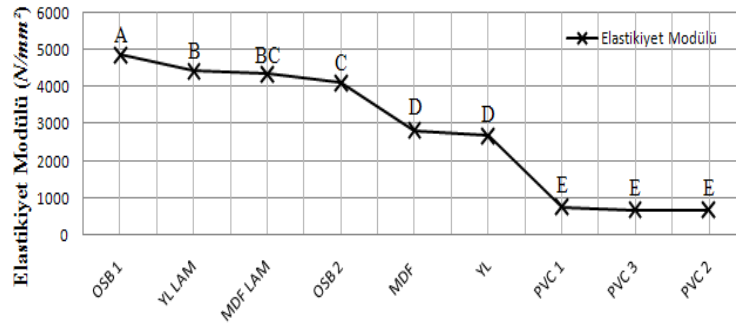
Malzeme çeşidinin, eğilme direnci etkilerine ait ortalamaların LSD değeri $1.807 N/mm^2$ için karşılaştırılması Şekil 8'de elastikiyet modülü üzerindeki etkilerine ait ortalamaların LSD değeri $284.4 N/mm^2$ için karşılaştırılması Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 8. Deney örneklerinin eğilme direnci karşılaştırma sonuçları

Buna göre; MDFLAM ve OSB1'in eğilme direnci değerleri arasında herhangi bir fark olmadığı gözlenmiştir. PVC levhaların

eğilme direnci dikkate alındığında ise, YL ve YLLAM'a göre daha yüksek direnç gösterdikleri görülmüştür.



Şekil 9. Deney örneklerinin elastikiyet modülü ortalamaları ve homojenlik grupları

Elastikiyet modülü ortalamalarına göre en yüksek değer OSB1'de en küçük değer ise PVC2 de elde edilmiştir. YL ve MDF'nin elastikiyet modülü değerleri arasında bilimsel açıdan fark olmadığı anlaşılmıştır. PVC levhaların kendi aralarındaki farklar istatistiksel anlamda önemsiz olup, ahşap esaslı levhalara göre çok düşük değerlerde çıkmıştır.

Yüzeye dik çekme

Deneyler sırasında yüzeye dik çekme deneyleri için kullanılan yöntemin PVC

levhaların test edilebilmesi için uygun olmadığı anlaşılmıştır. Çeşitli tutkallar kullanılarak yapılan tüm ön denemelerde PVC levhaların kalınlık yönünde orta kısımdan yarılmaması sağlanamamış ve bu metodun PVC levhalar için uygun olmadığına karar verilmiştir. Bu nedenle yüzeye dik çekme deneyleri sadece ahşap esaslı levhalara uygulanmıştır. Deney örneklerinin yüzeye dik çekme direnci değerlerine ilişkin veriler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Yüzeye dik çekme değerleri

Malzeme Çeşidi	Yüzeye Dik Çekme (N/mm^2)			
	X_{min}	X_{max}	X_{ort}	$v(\%)$
YL	0.38	0.46	0.41	9.80
YLLAM	0.44	0.53	0.48	8.91
MDF	0.88	0.99	0.95	5.83
MDFLAM	0.66	0.80	0.73	9.89
OSB1	0.28	0.33	0.30	8.20
OSB2	0.22	0.27	0.25	8.79

Yüksek yüzeye dik çekme direnci mobilya ve aksesuar üretimi için ve özellikle levha kenarlarının mekanik araçlarla birleştirilmesinde çok önemlidir. Aynı zamanda tutkalın yapışma dayanımı

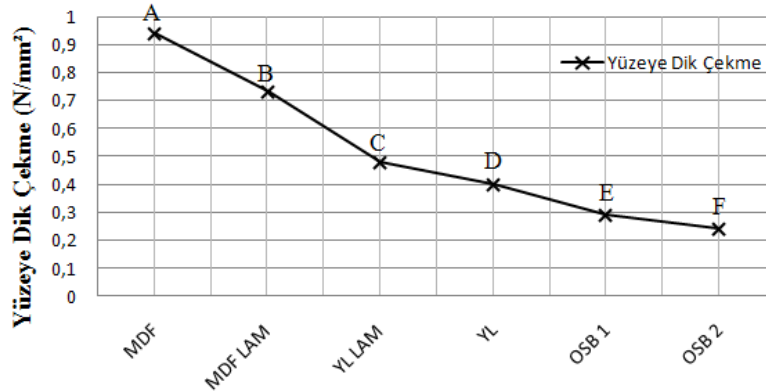
hakkında bilgi verir (Göker 2002). Malzeme çeşidinin levha yüzeyine dik çekme direnci değerleri etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Levha yüzeyine dik çekme direncine ilişkin varyans analizi sonuçları

VaryansKaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $P<0,05$
Gruplar İçi	0.011	9	0.001	0.9643	
Gruplar Arası	3.660	5	0.732	576.1574	0.000
Hata	0.057	45	0.001		
Toplam	3.728	59			

Buna göre, ahşap esaslı levha çeşitlerinin levha yüzeyine dik çekme direnci değerlerine etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Malzeme çeşitlerinin

levha yüzeyine dik çekme direnci etkilerine ait ortalamaların LSD değeri $0.028 N/mm^2$ için karşılaştırılması Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 10. Deney örneklerinin levha yüzeyine dik çekme direnci ortalamaları

Yüzeye dik yönde çekme direnci ortalama değeri, 12-19 mm arası kalınlıklardaki MDF levhalar için TS 64-5 standardının öngördüğü minimum değer $0.55 N/mm^2$ ’dir. MDF’nin ortalama değerlerine bakıldığında $0.95 N/mm^2$ ile standardın öngördüğü minimum değerden çok üstünde bir değere sahip olduğu anlaşılmaktadır.

TS EN 312’ye göre ise yonga levhalarda yüzeye dik çekme (iç yapışma) direnci $0.35 N/mm^2$ olarak belirtilmiştir. Yapılan

deneylerde yonga levhanın değerleri 0.38 ile $0.41 N/mm^2$ arasında standart değere uygun olarak çıkmıştır.

Panel rijitlik modülü

Deneylerde ahşap esaslı ve PVC levhalar deney yükleri ve koşulları altında farklı mekanik davranış özellikleri göstermişlerdir. Ahşap esaslı levhalar ortalama 480-600 sn içerisinde kırılma yaparak göçmüşler, PVC levhalarda ise bu süre 720-900 sn’ye kadar

yükselmiş olup kırılma gerçekleşmemiştir. PVC levhalarda deneyin yaklaşık ilk 600 sn'si içerisinde yük ile yer değiştirme miktarları doğru orantılı olarak ilerleme yaparken, bu noktadan sonra yük sabit kalmış, yer değiştirme miktarı hızla artmıştır. Yük sabit kaldıktan sonra herhangi bir

kırılma gerçekleşmediği ve kabul edilebilir yer değiştirme sınırları aşıldığı için deneyler sona erdirilmiştir. PVC1 ve OSB1 deney örneklerinin rijitlikmodülü deneyleri sonucunda meydana gelen tipik göçme Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. Rijitlikmodülü deneyleri sonucu meydana gelen göçme tipleri

Deney örneklerinin rijitlikmodülü değerlerine ilişkin ortalama verileri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Deney örneklerinin rijitlikmodülü değerleri

Malzeme Çeşidi	Rijitlik Modülü (N/mm^2)			
	X_{min}	X_{max}	X_{ort}	$v(\%)$
YL	1093	1221	1153	4.70
YLLAM	1465	1663	1572	5.16
MDF	1686	1756	1721	1.43
MDFLAM	1697	1767	1725	1.69
OSB 1	1395	1488	1442	2.55
OSB 2	1372	1407	1391	1.12
PVC 1	372	395	384	2.14
PVC 2	297	395	356	10.94
PVC 3	336	366	352	4.26

Rijitlikmodülü ortalama değerleri sonucu en yüksek değer $1725 N/mm^2$ ile MDFLAM'da elde edilmiştir. En düşük değer ise $352 N/mm^2$ ile PVC 3'te elde

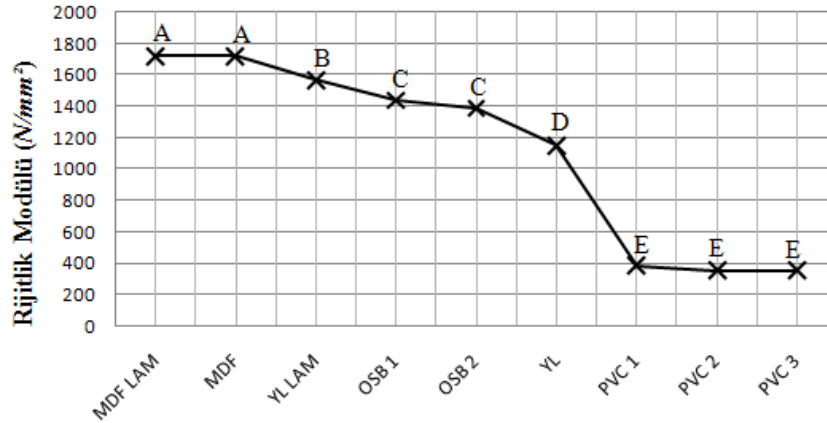
edilmiştir. Malzeme çeşidinin rijitlikmodülüne etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Rijitlikmodülü etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $P<0.05$
Gruplar İçi	5029.467	4	1257.367	0.7642	
Gruplar Arası	14124747.200	8	1765593.400	1073.0617	0.000
Hata	52652.133	32	1645.379		
Toplam	14182428.800	44			

Buna göre; malzeme çeşitlerinin, rijitlikmodülü değerlerine etkisi 0.05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Malzeme çeşitlerinin,

rijitlikmodülüdeğerleri ortalamalarının LSD kritik değeri $52.26 N/mm^2$ için karşılaştırılması Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Deney örneklerinin rijitlikmodülü karşılaştırmaları ve homojenlik grupları

Şekil 12'ye göre; YL ve YLLAM dışında, her malzeme kendi grubu içerisinde ortalama değerler bakımından tutarlılık göstermiştir. PVC levhaların ahşap esaslı levhalara göre çok düşük rijitlikmodülü değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir.

Vida ve minifiks tutma mukavemeti

Deney örneklerinin kenardan ve yüzeyden vida ve minifikstutma değerlerine ilişkin ortalama değerler Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Yüzeyden ve kenardan vida ve minifikstutma mukavemeti

Malzeme Çeşidi	Vida Tutma Mukavemeti (N)				Minifiks Tutma Mukavemeti (N)			
	Kenardan (N)		Yüzeyden (N)		Kenardan (N)		Yüzeyden (N)	
	X_{ort}	v(%)	X_{ort}	v(%)	X_{ort}	v(%)	X_{ort}	v(%)
YL	905.96	16.58	646.47	15.18	520.91	15.79	819.13	10.75
YL LAM	1481.30	11.30	1002.58	10.31	970.21	11.45	1206.63	4.87
MDF	2435.80	5.59	1537.22	7.02	1403.80	13.75	1896.27	7.08
MDF LAM	1861.90	7.60	1280.20	5.96	1175.20	5.44	1362.61	5.92
OSB 1	1106.60	15.21	1042.80	24.49	789.71	21.60	1030.05	11.49
OSB 2	1041.80	12.56	792.64	18.93	631.76	16.32	900.55	18.15
PVC 1	1197.80	7.84	624.89	13.70	818.15	7.48	945.68	7.41
PVC 2	1361.60	7.83	1008.46	7.57	1160.50	9.43	1301.79	4.91
PVC 3	1300.80	5.10	1001.60	7.20	1116.40	3.72	1258.62	4.31

Ahşap esaslı ve PVC levhaların, kenardan ve yüzeyden vida ve minifiks tutma mukavemeti üzerindeki etkisini belirlemek

için yapılan tekli varyans analizleri sonuçları Tablo 11 ve 12'de sırasıyla verilmiştir.

Tablo 11. Kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemetine ilişkin varyans analizleri

	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali
						$P < 0.05$
Kenardan	Gruplar İçi	141069.943	9	15674.438	0.8728	
	Gruplar Arası	18031208.331	8	2253901.041	125.5047	0.000
	Hata	1293026.517	72	17958.702		
	Toplam	19465304.791	89			
Yüzeyden	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali
	Gruplar İçi	117450.818	9	13050.091	0.7975	
	Gruplar Arası	6772726.770	8	846590.846	51.7347	0.000
	Hata	1178214.339	72	16364.088		
Toplam	8068391.927	89				

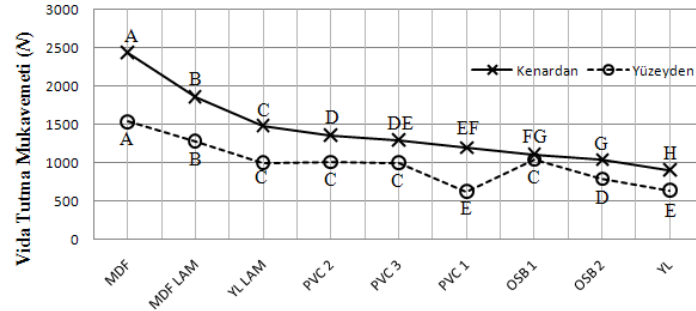
Tablo 12. Kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemetine ilişkin varyans analizleri

Kenardan	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $P < 0.05$
	Gruplar İçi	181652.064	9	20183.563	1.6540	0.116
Gruplar Arası	6574063.336	8	821757.917	67.3411	0.000	
Hata	878610.030	72	12202.917			
Toplam	7634325.430	89				

Yüzeyden	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $P < 0.05$
	Gruplar İçi	88311.602	9	9812.400	0.9974	
Gruplar Arası	8526749.533	8	1065843.692	108.3447	0.000	
Hata	708301.910	72	9837.527			
Toplam	9323363.046	89				

Buna göre; ahşap esaslı ve PVC levhaların kenardan ve yüzeyden vida ve minifikstutmamukavemeti değerlerine etkisi 0.05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Deney örneklerinin

kenardan ve yüzeyden vidatutmamukavemetlerine ilişkin LSD 119.5N ve 114 N kritik değerleri için yapılan karşılaştırma sonuçları Şekil 13 ve 14’de sırasıyla verilmiştir.

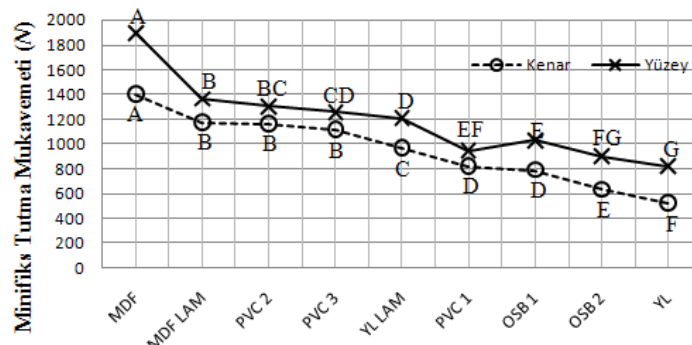


Şekil 13. Kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti ortalamaları ve homojenlik grupları

Kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti değerlerine bakıldığında, ortalama en yüksek değer kenardan 2435.80N ve yüzeyden 1537.22 N ile MDF’dir. En düşük değerler ise kenardan YL’de yüzeyden PVC1’de elde edilmiştir. PVC2 – PVC3’ün yüzeyden vida tutma mukavemetleri ile OSB1 ve YLLAM’ın

yüzeyden vida tutma mukavemetleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak herhangi bir fark bulunmadığı gözlemlenmiştir.

Deney örneklerinin kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemetlerine ilişkin LSD 98.48 N mm² ve 88.42 N mm² kritik değerleri için yapılan karşılaştırma sonuçları Şekil 14’de verilmiştir.



Şekil 14. Malzeme çeşidinin kenardan ve yüzeyden minifiks tutma ortalamaları

Kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemeti değerlerine bakıldığında, en yüksek değer kenardan 1403.80N ve yüzeyden 1896.27 N ile MDF’de elde edilmiştir. PVC 2 ve PVC 3’ün kenarından ve yüzeyinden elde edilen veriler MDF ve MDFLAM hariç diğer tüm malzemelerden daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Dene örneklerinin kenardan minifiks tutma mukavemetleri değerlerine bakıldığında yüzeyden minifiks tutmaya göre daha düşük oldukları gözlemlenmiştir. Fakat vida tutma mukavemetlerinde bu durum tam tersine olup, kenardan vida tutma mukavemeti değerleri yüzeyden vida tutma mukavemeti değerlerinden daha yüksektir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, mobilya üretimi için alternatif bir malzeme olarak düşünülen, üretimi ve kullanımı giderek yaygınlaşan PVC levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve geleneksel ahşap esaslı levhalarla karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda ahşap esaslı ve PVC levhalardan üretilecek mobilyaların mukavemet analizi için gerekli olan veriler elde edilmiştir. Ahşap esaslı ve PVC levhalar grupları itibarı ile farklı mekanik davranış özellikleri göstermişlerdir.

Deneilerde kullanılan ahşap esaslı levhaların ortalama rutubeti % 5-7 olup, standardın ön gördüğü değerlere uygundur. PVC levhaların hidrofobik bir malzeme olduğu ve bünyesinde su barındırmadıkları gözlenmiştir. Denemeye tabi tutulan ahşap esaslı levhaların yoğunluk değerleri standardın ön gördüğü değerlere uygun olup, ortalama $0.5-0.8 \text{ gr cm}^3$ aralığında değişmektedir. İstanbul piyasasından temin edilen PVC levhaların satışa arz ettikleri yoğunluk değerleri $0.55-0.6 \text{ gr cm}^3$ arasında olduğu bilgisine ulaşılmış, ancak yapılan yoğunluk kontrollerine PVC levhaların ortalama yoğunluklarının $0.39-0.4 \text{ gr cm}^3$ aralığında oldukları belirlenmiştir.

Ahşap esaslı levhalarda kalınlığına şişme, doğrudan doğruya üretimde kullanılan değişkenlerle ilgilidir. Şişme oranı ise üretiminde kullanılan odun çeşidi, yonga boyutu, odun lifi, su itici maddeler, levha yoğunluğu, tutkal oranı vb. şartlara bağlı olarak değişiklikler göstermektedir (Bozkurt,

1985). Ahşap esaslı levhaların suya daldırma işleminden 24 saat sonra kalınlığına şişme oranı değerlerine bakıldığında MDF, MDFLAM ve YL hariç diğer levhaların kalınlığına şişme oranlarına ilişkin ortalamalarının (YLLAM % 25.36 – OSB1 % 24.38 – OSB2 % 23.08) TS EN 312 standardının ön gördüğü maksimum % 14’lük sınırın üzerinde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi levhaların üretiminde kullanılan su itici maddelerin az olmasından ya da levhaların yoğunluklarının farklı olmasından kaynaklanabilir. Hidrofobik bir malzeme olan PVC levhalar bünyelerinde su barındırmadıklarından dolayı kalınlığına şişme yapmamışlardır.

Eğilme direnci deney sonuçlarına göre ahşap esaslı levhalardan en yüksek değer MDF’ de (39 N mm^2) elde edilmiştir. PVC levhalarda ise yaklaşık $17-19 \text{ N mm}^2$ arasında değişmektedir. Eğilmeye elastikiyet modülü, levhaların dolap, raf gibi eğilmeye maruz kalan yerdeki deformasyonunda önem arz etmekte ve bu gibi yerlerde elastikiyet modülünün yüksek olması istenmektedir. Ahşap esaslı levhaların (YLLAM, MDFLAM, OSB1 ve OSB2) elastikiyet modülü değerleri PVC levhalardan yaklaşık olarak 6 kat daha fazladır. PVC levhaların elastikiyet modülü değerlerinin ahşap esaslı levhalar için verilen standardın çok altında bir değere sahip olmasından dolayı elastikiyet modülü değerlerinin önem arz ettiği yerlerde (dolap, raf vb.) kullanılmaması gerekmektedir. MDF’nin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerine bakıldığında yüksek bir eğilme direncine sahip olmasına rağmen düşük bir elastikiyet modülü değeri vardır.

Yüzeye dik yönde çekme direnci levhanın ayrılmaya ya da yarılmaya karşı olan direncini ifade eder. Yüzeye dik çekme direnci mobilya ve aksesuar üretimi için ve özellikle levhaların mekanik araçlarla kenarlarının birleştirilmesinde çok önemlidir. Aynı zamanda tutkalın yapışma dayanımı hakkında bilgi verir (Göker vd., 2002). Ahşap esaslı levhaların yüzeye dik çekme deneylerinde en yüksek değer MDF’den elde edilmiş olup TS 64-5 standardının ön gördüğü minimum 0.55 N mm^2 değerinin üstünde çıkmıştır. Yüzeye dik çekme direnci deneyleri için kullanılan yöntemin PVC

levhaların test edilebilmesi için uygun olmadığı farklı tutkal çeşitleriyle yapılan tüm ön denemelerden anlaşılmıştır.

Panel rijitlikmodülü deneylerinde ahşap esaslı levha ile PVC levhalar deney yükleri altında farklı mekanik davranış özellikleri göstermişlerdir. En yüksek değerler MDF ($1721 N mm^2$) ve MDFLAM ($1725 Nmm^2$)'dan elde edilmiştir. PVC levhalarda ise belirli bir yük uygulamasından sonra yük sabit kalarak yer değiştirme miktarı artmıştır. Deneyler sonucunda PVC levhalarda meydana gelen yer değiştirme miktarları kabul edilebilir sınırların çok üzerinde olduğu için herhangi bir kırılma gerçekleşmeden deneylere son verilmiştir. Bu durumda kutu tipi mobilyalarda PVC kullanımının çok uygun bir seçim olmayacağı söylenebilir.

Kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti değerlerine bakıldığında en yüksek değer kenardan $2436.8N$ yüzeyden ise $1537.22 N$ ile MDF'de elde edilmiştir. PVC2 ve PVC3 levhalarının kenardan ve yüzeyden vida tutma mukavemeti değerleri YL – OSB2 ve PVC1'e göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Genel olarak ahşap esaslı levhalar ile PVC levhaların vida tutma mukavemetleri arasında çok büyük farklılıklar olmadığı gözlemlenmiştir.

Kenardan ve yüzeyden minifiks tutma mukavemeti değerleri incelendiğinde denemeye tabi tutulan levhaların yüzeyden alınan değerlerin kenarlara kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum minifikste bulunan metal soketlerin çapının fazla ve parçaya vidalanan bölümün kısa olmasından kaynaklanabilir. Vida ve minifiks tutma değerleri karşılaştırıldığında vidalılarla yapılan birleştirmelerin daha sağlıklı sonuçlar verdiği söylenebilir.

PVC levhaların yapılan mekanik testlere karşı gösterdikleri dirençlerin geleneksel ahşap esaslı levhalara kıyasla tam olarak istenilen seviyede olmamasına rağmen bazı avantajlı yönleri bulunmakla birlikte, en büyük dezavantajı ana maddesi ithal edildiği için maliyeti normal ahşap esaslı levhalara göre (YL, YLLAM, MDF, MDFLAM, OSB) daha pahalıdır. Özellikle panel mobilya üretimine uygun hale getirilebilmeleri için eğilme dirençlerinin artırılması ve birim fiyatlarının düşürülmesi gerekmektedir. Bu

durum, üretim aşamasında kullanılan kimyasal formülündeki değişikliklerle çözülebilir.

Sonuç olarak, PVC levhaların panel tipi mobilya üretiminde kullanımının teknik yönlerden aşırı yük taşımayacak yerlerde, özellikle ıslak mekanlarda kullanılmasının uygun olduğu, ancak ekonomik bakımdan uygunluğunun da araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı tarafından tamamlanan yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışma ayrıca, Muğla Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri 2009/10 nolu projesi olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

ASTM-D-1037, Standart Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.10., (2002).

Aydın, H., 2004. PVC Üretimi ve Katkı Maddeleri, Osmangazi Üniv., Fen Edebiyat Fak., Kimya bölümü, (Bitirme tezi), Eskişehir, 86 s.

Bao, Z.,andEckelman, C., A., 1995.Fatigue Life and Design Stress For Wood Composites Used in Furniture. Forest Product Journal, 45 (7/8) : 59–63.

Bao, Z.,Eckelman, C., A., Gibson, H., 1996. Fatigue Strength and Allowable Design Stresses for Some Wood Composites Used in Furniture. HolzalsRoh-und Werkstoff, 54 (6): 377-382.

Bayındır, F., 2009. Alternatif Panel Mobilya Malzemesi Olarak Polivinil klorür (PVC) Levhaların Bazı Mekanik Özellikler Açısından Geleneksel Malzemelerle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 89s, Muğla.

Bezazi, A., El Mahi, A., Berthelod, Bezzazi, B., 2007. Experimental Analysis of Behavior and Damage of Sandwich Composite Materials in Three-Point Bending. Part 1. Static Tests and Stiffness Degradation at Failure Studies.

Bozkurt, A. Y., Göker, Y., 1985. Yonga Levha Endüstrisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 263.

Eckelman, C. A.,1991. Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture. Text Book, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 3-10.

Eckelman, C. A., Cassens, D. L., 1985. Withdrawal Strength of Dowels from Wood

Composites. Forest Product Journal, 35 (5): 55-60.

Efe, H.,1994. Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 13-43.

Efe, H., Kasal, A., 2007. Çeşitli Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Politeknik Dergisi, 10 (3).

Erdil, Y., Z., Zhang, J., L., Eckelman, C., A., 2002. Holding Strength of Screws in Plywood and Oriented Stranboard. Forest Product Journal, 52(6) 55-62.

Göker, Y., Akbulut, T., Ayrılmış, N., 2002. Türkiye’de Üretilen MDF Levhaların Teknolojik Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi ,13-33.

Günsel, U.,2004. Türkiye Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Temel Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması.Yüksek lisans tezi, Muğla Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Muğla.

İmirzi, H. Ö.,2008. Farklı Yapım Teknikleri ve Değişik Kalınlıklardaki Levhalar ile Üretilmiş Kutu Tipi Mobilyaların Mukavemet Özellikleri.Doktora Tezi, Gazi üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kasal, A.,2007. Bazı Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Kavela Tutma Performanslarının Belirlenmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Ankara, 22(3) 387-397.

TS 2471, “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Rutubet Miktarının Tayini”, T.S.E., Ankara, (1976).

TS 2471, “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Rutubet Miktarının Tayini”, T.S.E., Ankara, (1976).

TS 2475 “Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini”, T.S.E., Ankara, (1976).

TS 3891 “Yapıştırıcılar-polivinil asetat esaslı emülsiyon (malzeme için)”, TSE, Akara , Şubat (1983).

TS 4539 “Ahşap birleştirmeler- kavelalı birleştirme kuralları”, TSE, Ankara, Şubat (1983).

TS 46, “Kontrplak (Soyma Plakalı)–Genel Amaçlar İçin”, T.S.E. , Ankara, (1986).

TS 5192, Yonga levhalar- Yüzeye Paralel Yöndeki Makaslama Mukavemetinin Tayini, T.S.E., Ankara, (1987).

TS 61, “Ağaç Vidaları”, TSE, Ankara, 1978.

TS 64, “Lif Levhalar – Sert ve Orta Sert Levhalar”, T.S.E., Ankara, (1982).

TS 80, “Bağlama elemanları- Vida dışı açılmış genel esaslar”, TSE, Ankara, 1988.

TS EN 13446, “Ahşap Esaslı Levhalar-Bağlayıcıların Geri Çıkma Kapasitesinin Tayini”, T.S.E., Ankara, (Şubat), (2005).

TS EN 310 “Ahşap Esaslı Levhalar–Eğilme Dayanımı ve Elastikiyet Modülünün Tayini”, T.S.E., Ankara, (1999).

TS EN 310 Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, TSE, Ankara, (1999).

TS EN 319 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara, (1999).

TS EN 319, Yonga levhalar ve Lif levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini, T.S.E., Ankara, (1999).

TS EN 320, “Lif Levhalar-Vida Tutma Kabiliyetinin (mukavemetinin) Tayini”, T.S.E., Ankara, (Mart), (1999).

TS EN 322 “Ahşap Esaslı Levhalar – Rutubet Miktarının Tayini”, T.S.E., Ankara, (1999).

TS EN 323 “Ahşap Esaslı Levhalar – Birim Hacim Ağırlığının Tayini”, T.S.E.,Ankara, (1999).