

## Ahşap Sandviç Kompozit Levhaların Yapısı ve Mobilya Endüstrisinde Kullanımı

\*Nadir AYRILMIŞ<sup>1</sup>, Göksel ULAY<sup>2</sup>, E. Fatih BAĞLI<sup>3</sup>, İbrahim ÖZKAN<sup>4</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Bahçeköy, 34473, İstanbul

<sup>2</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van MYO, Mobilya Dekorasyon Programı, Zeve Kampüsü, 65085, Van.

<sup>3</sup>İnşaat Teknik Değerlendirme ve Bilimsel Araştırma Kurumu (İTB), Balgat-Çankaya/Ankara.

<sup>4</sup>Orman Endüstri Mühendisi

\*Sorumlu yazar: nadiray@istanbul.edu.tr

Geliş Tarihi:24.09.2014

### Özet

Orman ürünleri sanayisinde ahşap esaslı sandviç levha ürün çeşitliliği gün geçtikçe artmakta olup, bu ürünler arasında petek ve köpük yapıları kompozit (sandviç) malzemeler önemli bir yere sahiptir. Ahşap sandviç kompozit levhaların hafifliği, esnekliği ve kullanım yerinin gerektirdiği direnç özelliklerine sahip olması önemli avantajları arasındadır. Sandviç kompozitlerin diğer ahşap esaslı kompozit levhalara (MDF, yonga levha, kontrplak, kontratabla, OSB vb.) göre % 40-70 oranında daha hafif olmaları, rutubete karşı dirençli, kolay taşınabilir, geri dönüşümlü olmalarının yanı sıra mobilya endüstrisinde yeterli mekanik özelliklere de sahiptirler. Özellikle ülkemizde yetersiz orman kaynaklarına bir çözüm olarak masif, kalın MDF ve yonga levha yerine sandviç levhaların kullanımının artırılması önemli bir hammadde tasarrufu sağlayacaktır. Bu çalışmada sandviç yapıları kompozit levhaların üretim teknolojileri ile avantajları ve dezavantajları hakkında bilgiler verilmiştir. Sandviç levhaların mobilya endüstrisinde kullanımını hakkında bilgiler verilerek, bu levhalara yönelik yapılan yeni bilimsel çalışmalar incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ahşap esaslı kompozit levha, malzeme, mobilya endüstrisi

### Properties of Sandwich Wood-Based Composite Panels and Their Use in Furniture Industry

#### Abstract

In wood products industry, the diversity of wood based panel products is increasing day by day, and composite (sandwich) materials in honeycomb and foam structure have an important place among these. The lightness, flexibility and resistance properties on the site of utilization are the major advantages of these products. Not only they are % 40-70 lighter in weight, resistant to humidity, easy to transport, recyclable and ecological, as compared to the traditional wood based panels such as MDF, OSB, and plywood, but also have sufficient mechanical properties. In this study, production, the advantages and disadvantages of sandwich-structured composite panels are presented. Information on the utilization of sandwich-structured composite panels in furniture industry has been provided and the studies on these products have been investigated.

**Keywords:** Sandwich wood-based composite, material, furniture industry.

#### Giriş

İnsanlık tarihinin başlangıcından beri en çok kullanılan malzemelerin başında odun esaslı ürünler gelmektedir (Arslan ve ark., 2007). Günümüzde, ahşap ve ahşaptan yapılan malzemeye ihtiyaç her geçen gün biraz daha artmaktadır. Orman ürünleri endüstrisinde gün geçtikçe artan insan nüfusuna bağlı olarak odun hammadde kaynaklarının yetersiz kalması ve fiyatının artması nedeniyle alternatif endüstriyel ürünlere yönelik arayışlar da yoğun olarak devam etmektedir. Buna paralel olarak her geçen gün ürün çeşitliliği de artmaktadır (Ulay ve Güler, 2010). Türkiye 2012 yılı verilerine göre 214 farklı ülkeye mobilya

ihracatı gerçekleştirmiştir (TOBB, 2013). Mobilya sektörü son 10 yılda kriz dönemi hariç istikrarlı bir büyüme kaydederek 2011'de %18.1 ve 2012'de ise %14.8 genişleme yaşamıştır. 2013 yılında ise çift basamaklı büyümeyi sürdürerek yıllık %17 artışla 2.8 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (TİM, 2014). Mobilya sektörü, 2023 yılı için 25 milyar dolar üretim ve 10 milyar dolar ihracat beklentisi ile Dünya'nın ilk 10, Avrupa'nın ise ilk 5 büyük mobilya üreticileri arasına girmeyi hedeflemektedir (TOBB, 2013).

Mobilya endüstrisine yönelik olan hammadde ihtiyacının karşılanabilmesi için hammadde kaynaklarının tekniğe uygun

olarak optimum düzeyde işletilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle farklı materyallerin bir araya getirilmesi ile elde edilen hafif yapıdaki kompozit malzemeler günümüzde önem kazanmıştır (Güler ve Ulay, 2009). Son yıllarda eko mobilya kavramı üreticiler ve tüketiciler tarafından benimsenmiş olup, hafif sandviç tip ahşap levhaların mobilya üretiminde kullanımına olan ilgi artış göstermektedir.

Yongalevha ve MDF gibi ahşap esaslı levhalar en önemli orman ürünleri arasında bulunduğundan bu ürünlere olan talebin son yıllarda artması ve üretim teknolojisinin ilerlemesiyle hammadde olan oduna alternatif olarak bazı hammadde kaynakları araştırılmaktadır.

Ahşap ve ahşap esaslı levhalara alternatif olabilecek diğer malzemeler ise ahşap sandviç kompozit levhalar olup, fiyat, hafiflik ve mukavemet gibi üstün özelliklerinden dolayı mobilya endüstrisinde kullanımları giderek artmaktadır.

Bu çalışmada mobilya endüstrisinde kullanılan ahşap sandviç kompozit levhaları oluşturan malzemelerin teknik özellikleri, üretim teknolojileri, teknolojik özellikleri, kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları gibi üreticiler ve kullanıcılar için önem arz eden parametrelere yer verilmiştir. Mobilya sektöründe kullanım alanı bulan sandviç levhalara yönelik bir derleme çalışmasının literatüre kazandırılması amaçlanmıştır.

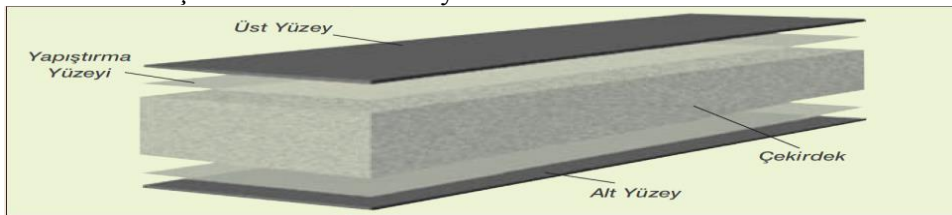
### **Sandviç Levhalar Hakkında Genel Bilgiler** **Sandviç Kompozit Levhalar**

Genel olarak sandviç tabakalı bir yapıda olup, iki yüzey tabakasının kalın bir orta tabakaya kaplanmasıyla oluşmaktadır (Şekil 1). Yüzey tabakaları çoğunlukla direnç özellikleri yüksek yoğun malzemelerden üretilmektedir. Zira, yan yüklemeler ve yatay eğilme momentlerinin neredeyse tamamını bu kısımlar karşılamaktadır. Yüzey

tabakalarına göre daha zayıf ve daha düşük yoğunluktaki malzemeden üretilen orta tabakalar ise bu ince yüzey tabakalarını birbirinden ayırmak ve sabitlemek suretiyle sandviç yapıya makaslama rijitliği kazandırmaktadır. Yüzey ve orta tabakaların uygun seçilmesiyle birim ağırlık başına yüksek rijitlik (malzemenin yük altında stabil kalabilme yeteneği) değerleri elde edilebilmektedir.

Malzeme oranlarının belirlenebilmesi adına, uygun bir sandviç elde edilmesi için orta tabakanın kullanım yerinin gereksinimlerine bağlı olarak mümkün olduğu kadar hafif ve kalın, yüzey tabakası ise bir o kadar yoğun ve ince olması önemlidir. Yatay yönde kullanılan malzemelerde yüzey tabakalar basınç ve çekme gerilmelere maruz kalmaktadır. Sandviç yapılar ekonomiktir, çünkü nispeten pahalı olan yüzey tabaka malzemeleri ucuz orta tabaka malzemelerinden daha az miktarlarda kullanılmakta ve malzemeler her birinden en iyi şekilde faydalanılabilecek şekilde konumlandırılmaktadır (Anonim, 1999).

Sızdırmaz bir yüzey tabakası duvar ya da tavanlar için nem bariyeri olarak görev yapmakta, aşınmaya karşı dayanıklı bir yüzey tabakası ise bir zemin kaplamasının üst yüzeyi olarak kullanılabilir. Duvarlar, kapılar, masalar ve benzeri mobilyalarda plastik yüzey tabaka malzemeleri kullanılarak dekoratif görüntüler elde edilebilmektedir. Orta tabaka malzemeleri ısı yalıtımı, yangın ve çürüme dayanımı sağlamaları bakımından tercih edilebilmektedirler. Düşük ağırlıkları sayesinde sandviç kompozitler ses geçirme problemlerinin önüne geçilmesi bakımından da avantaj sağlayabilmektedir



Şekil 1. Sandviç levha bileşenleri (Ulay ve Güler, 2010)

Sandviç panellerin birbirlerine ve diğer yapılara bağlantı yöntemleri tasarlanırken bağlantıların fonksiyonlarını düzgün şekilde yerine getirebilecek ve sıcaklık ve nemden kaynaklanan genişleme ve daralmalara izin verecek şekilde olmalarına dikkat edilmelidir. Gerek yapısal, gerekse yapısal olmayan avantajlar dayanım ve bakım gerekliliklerinin ışığında incelenmelidir. Olumsuz nem şartlarına maruz kalacak bir sandviç yapıda neme dayanıklı yüzey tabakaları, orta tabaka ve yapıştırıcı kullanılması önem arz etmektedir (Ulay ve Güler, 2010; Güler ve Ulay, 2009). Benzer şekilde, yüksek sıcaklık ve çürütücü organizmalara maruz kalan yapılarda da ısıya ve çürümeye dayanıklı yüzey tabakaları, orta tabaka ve yapıştırıcılar kullanılmalıdır (Anonim, 1999; URL1, 2014; Winsor, 1992). Sonuç olarak sandviç levhanın kullanım yeri ve kullanım özellikleri ile karşılaşabileceği muhtemel etkiler vb. durumlar göz önünde tutularak sandviç levhada kullanılacak malzemeler titizlikle belirlenmelidir.

#### **Sandviç Levhaların Avantajları**

Sandviç kompozit levhaların avantajları genel olarak değerlendirildiğinde aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir. Bu avantajlardan bazıları (Ulay ve Güler, 2010; Güler ve Ulay, 2009; Arıcasoy, 2006; Anonim, 1999):

- İhtiyaçlara göre özelliklerin uygun hale getirilebilmesi.
- Üst ve alt yüzey ile orta tabaka seçiminde çok sayıda alternatif olması

- Ağırlıktan tasarruf sağlayan düşük yoğunluk
- Yüksek eğilme rijitliği
- Yüksek hasar toleransı (korozyona, neme, ısıya, darbeye vb.)
- Yerinde fabrikasyon
- İyi titreşim sönümlenme kapasitesidir.

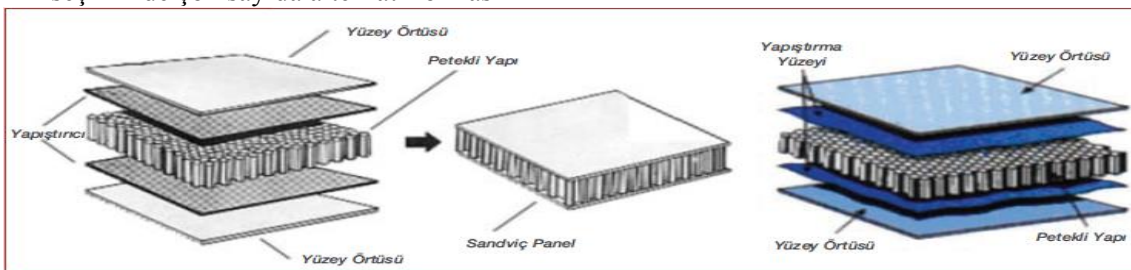
#### **Sandviç Levhaların Dezavantajları**

Sandviç kompozitlerin kullanılması ile ilgili olarak mevcut durumda birtakım dezavantajlar olmakla birlikte, bunlar yeni malzeme ve üretim yöntemleri geliştirilmesiyle ortadan kaldırılabilecektir. Bu dezavantajlardan bazıları (Ulay ve Güler, 2010; Güler ve Ulay, 2009; Arıcasoy, 2006; Anonim, 1999):

- Kalınlıklarının fazla olması
- Konvansiyonel malzemelerle karşılaştırıldıklarında pahalı olmaları
- İşlenmelerinin güç ve pahalı olması
- Birleştirilmelerinin zorluğu
- Hasara uğramaları durumunda tamirlerinin zor olması
- Tedarik süresidir.

#### **Sandviç Levhaların Yapısı**

Sandviç levha ürünlerinde isimlendirmeler genellikle yüzey ve orta tabaka malzemenin türüne göre yapılmaktadır. Örneğin Şekil 2'deki kağıt petekli kompozit levha veya köpüklü kompozit levha, alüminyum petekli kompozit levha, kauçuk esaslı kompozit levha gibi orta katmandaki malzemenin ismi ile adlandırılmaktadırlar.



Şekil 2. Petekli sandviç levha katmanları ve sandviç panel (Güler ve Ulay, 2009).

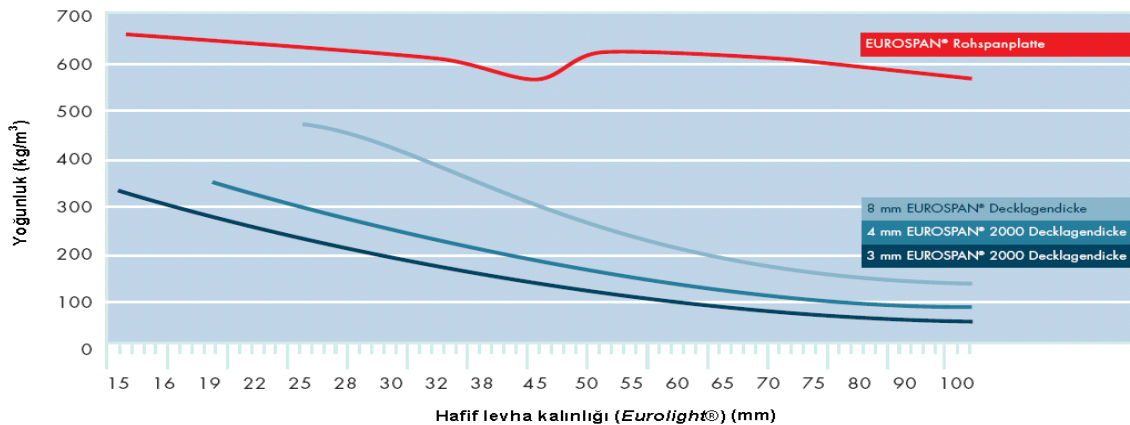
#### **Sandviç Levhalarda Yüzey Tabakası**

Bir sandviç yapıda yüzey tabakalarının öncelikli görevi gereken eğilme ve yüzeylere paralel makaslama rijitliklerini, bunun yanında yan ve eğilme yüklerini de karşılamaktır (Marshall, 1998). Tablo 1'de çeşitli yüzey tabakalarının özellikleri verilmiştir.

Sandviç levhada kullanılan yüzey ve orta tabaka malzemenin teknik özelliklerinin bilinmesi oluşturulacak kompozit levha kombinasyonunun kullanım yerinin gerektirdiği teknik özellikleri belirlemede yararlı olacaktır

Tablo-1. Çeşitli Yüzey Tabakalarının Özellikleri (Marshall, 1998. İzin alınmıştır)

Yüzey tabaka malzemesi	Çekme direnci (MPa)	Çekmede elastikiyet modülü (MPa)	$\lambda_s$ ( $1-\mu^2$ )	1 mm kalınlığının ağırlığı ( $1 m^2$ )
Alüminyum				
2024-T3	800	$160 \times 10^3$	0.89	2.69
5052-H34	416	$160 \times 10^3$	0.89	2.69
6061-T6	560	$160 \times 10^3$	0.89	2.69
7075-T6	1169	$160 \times 10^3$	0.89	2.69
Orta Karbonlu Çelik	800	$480 \times 10^3$	0.91	7.68
Paslanmaz Çelik				
316	961	$480 \times 10^3$	0.94	7.68
17-7	3200	$480 \times 10^3$	0.94	7.68
Titanyum				
Sertleştirilmiş TI-75A	1280	$240 \times 10^3$	0.94	4.52
Isıl İşlemli 6Al-4V	2290	$269 \times 10^3$	0.94	4.42
Grafit (örgü)	1280	$160 \times 10^3$	0.99	1.54
Grafit (tek yönlü)	3500	$320 \times 10^3$	0.99	1.54
Cam Elyafı (hasır) / PE	224	$14.7 \times 10^3$	0.98	1.35
Dokuma Fitol / PE	608	$29.6 \times 10^3$	0.98	1.35
Camelyaf prepeg				
Epoksi	1009	$56 \times 10^3$	0.98	1.83
Epoksi	990	$56 \times 10^3$	0.98	1.69
Fenolik	769	$56 \times 10^3$	0.98	1.81
Polyester	769	$56 \times 10^3$	0.98	1.92
Poliimid	961	$56 \times 10^3$	0.98	1.83
Kevlar Epoksi prepeg	961/448	$70 \times 10^3$	0.99	1.35
Kontrplak				
Douglas Gökarnı (dış mekân)	42	$29 \times 10^3$	0.99	0.58
Çam	42	$29 \times 10^3$	0.99	0.58
Meranti	36	$29 \times 10^3$	0.99	0.38
Sertleştirilmiş Duralit	57	$10 \times 10^3$	0.99	1.12
Alçı Panel	1.9	$4.8 \times 10^3$	0.98	0.80



Şekil-3. Sandviç tip levhalarda kullanılan yüzey levhaları kalınlık- yoğunluk ilişkisi grafiği (URL2, 2014. İzin alınmıştır).

### Sandviç Levhada Orta Tabaka Özelliği

Bir sandviç yapıda orta tabakanın öncelikli görevi yüzey tabakalarını sabitlemek ve kalınlık boyunca makaslama yüklerinin önemli bir kısmını karşılamaktır. Bunları

sağlayacak orta tabakanın aynı zamanda rijit ve mümkün olduğunca hafif olması gerekmektedir. Ayrıca, kullanılacağı ortam şartlarındaki (nem gibi) özelliklerinin

önceden göz önünde bulundurulmalıdır (Marshall, 1998).

Orta tabaka malzemeleri arasında balsa ağacı, polimer köpükler, kağıt ve PP bal peteği, oluklu yapılar ve düşük yoğunluktaki ağaç malzemeler sayılabilir. Makaslama modülü ve makaslama direnci orta tabaka makaslama yüklerinin önemli bir kısmını karşılamaktadır. Basınca maruz kalma durumunda malzemenin rijitliğini sağlamak için orta tabakalar yüzey tabakalarına dik

gelen yükleri karşılayabilmelidir (Anonim,1999). Sandviç levhaların genel olarak kalınlıkları arttıkça levhaların yoğunlukları kalınlık miktarına ters orantılı olarak azalmaktadır.

Tablo 2’de farklı orta tabakaların maliyetleri, karakteristikleri ve avantajlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Tablo 3’de ise Balsa ağacı ve sık kullanılan bazı orta tabaka malzeme sistemlerinin teknolojik özelliklerine ait değerlere yer verilmiştir.

Tablo-2.Orta tabaka maliyetleri ile karakteristik ve avantajlarının karşılaştırılması (Beckwith, 2009. İzin alınmıştır).

Orta tabaka malzemeleri	Orta tabaka malzeme maliyeti	Karakteristikleri ve avantajlar
Balsa Odunu	Düşük	İyi makaslama dayanımı, yüksek yorulma dayanımı, kolay birleştirilebilme, yüzeyi kolay işlenebilme, iyi sıcaklık aralığı, yüksek su emme, mantar oluşma potansiyeli.
Poliüretan Köpük (PUR)	Düşük	İyi çözücü direnci, iyi sıcaklık kabiliyeti, ortalama yangın direnci, ürünlerde geniş yoğunluk aralığı.
Polyester Köpük (PS)	Düşük	Çok düşük sıcaklık kabiliyeti, çok düşük malzeme maliyeti, ortalama mekanik özellikler, oldukça kırılğan malzeme.
Polivinil Klorür Köpük (PVC)	Düşük	Yüksek dayanım, yüksek rijitlik, kolay birleştirilebilme, iyi darbe direnci, ortalama sıcaklık kabiliyeti.
Polimetakirilimid Köpük (PMI)	Yüksek	Sıcaklıkta yüksek boyut kararlılığı, çözücü direnci, düşük ısı iletkenlik, yüksek dayanım ve rijitlik.

Tablo-3. Balsa ağacı ve sık kullanılan bazı orta tabaka malzeme sistemleri (Beckwith, 2009. İzin alınmıştır).

Orta tabaka malzemeleri	Yoğunluk aralığı (kg/m <sup>3</sup> )	Makaslama direnci (MPa)	Makaslama modülü (MPa)	Basma direnci (MPa)	Maksimum çalışma sıcaklığı (°C)
Balsa Odunu	96-250	1.85-4.94	108-312	6.5-26.6	165
Poliüretan Köpük (PUR)	21-400	0.15-3.1	1.55-104	0.2-0.35	135
Polyester Köpük (PS)	30-60	0.25-0.60	4.5-20	0.3-0.9	100
Polivinil Klorür Köpük (PVC)	30	400	30	400	30
Polimetakirilimid Köpük PMI)	30-110	0.8-7.5	19-290	0.8-16	240

### Sandviç Levha İmalatında Kullanılan Yapıştırıcılar

Ahşap sandviç levhanın kullanım yeri göz önünde bulundurularak kullanılacak tutkal türü belirlenmektedir. En yaygın tutkal türleri; üre formaldehit tutkalı, fenol-formaldehit tutkalı, resorsinol-formaldehit tutkalı, epoksi, poliüretan, polyizosiyonat, polyester ve vinil ester tutkallarıdır. Ahşap

sandviç levhaların üretiminde kullanılacak tutkal seçimi yapılırken kullanım yerlerindeki rutubet, sıcaklık, maruz kalacağı yük gibi şartları göz önünde bulundurulmalıdır. Sandviç levhadaki yüzey katmanı ve orta katmanın özelliklerine en uygun özellikleri gösteren tutkal seçilmelidir. Aksi takdirde bir levhada çok iyi yapışma özelliği gösteren bir tutkal farklı

bileşenlerden oluşan başka bir sandviç levhada istenilen sonuçları veremeyebilir. Bu durum levhadan beklenen mekanik özelliklerin elde edilmesini zorlaştıracaktır. Sandviç yapılarda kullanılan yapıştırıcılarda aşağıdaki özelliklere dikkat edilmesi önem taşımaktadır (Marshall, 1998).

#### **Tutkalın katılaşması sırasında oluşan gazlar**

Fenolikler gibi bazı yapıştırıcılar katılaşma reaksiyonu sırasında birtakım gazlar ortaya çıkarmakta olup, bu gazlar aşağıdaki bazı problemlere yol açmaktadır:

- İç basınç sebebiyle yapışmanın zayıf kalması, hatta yapışmanın gerçekleşmemesi, yüzeylerde kabarcık oluşmasıdır.
- Sıkışan gazın genleşmeye çalışması sebebiyle orta tabakanın ayrılması,
- Orta tabakanın hareket etmesi ve kurlaşan parçanın tekrar kullanılmaması,
- Orta tabaka ya da yüzey tabakalarının gazın ya da yoğunlaşmanın kimyasal etkileri sonunda korozyona uğraması (Marshall, 1998).

#### **Pres basıncı**

Fenolikler ve diğer bazı yapıştırıcılar gözenekli yapı oluşmaması bakımından atmosferik basınçtan daha yüksek basınçlara ihtiyaç duyarlar. Bazı formlar balsa gibi katı orta tabakalar için uygun iken balpeteği gibi açık ya da geniş hücreli köpük orta tabakalarda kullanılamamaktadır. Ayrıca, birçok orta tabaka malzemesi birkaç atmosfer basıncı üzerindeki basınçlara tek başına dayanmamakta, bu yüzden yüksek basınçlara ihtiyaç duyulan yapıştırıcı sistemleriyle kullanılamamaktadır (Marshall, 1998). Bal peteği gibi açık hücreli orta tabakaların yapıştırılmasında kullanılan yapıştırıcıların katılaşması başlangıç safhalarında uygun yüzey gerilmesi, yüzey ıslatma kabiliyeti ve kontrollü akış özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Kontrollü akış yapıştırıcının hücre duvarlarından aşağıya doğru akmasını ve bunun neticesinde yüzey tabakasının yapışmasının zayıflamasını ve alt kısımda aşırı ağırlık meydana gelmesini önlemektedir (Marshall, 1998).

Statik ya da dinamik yüklemeler altında yapıştırıcının orta tabaka ile yüzey tabakalarının birbirinden ayrılmasına karşı gösterdiği direnç önem arz etmektedir. Yapışma direncinin ölçülmesinde birçok test tipi geliştirilmiş olmakla birlikte, bunlar içinde en genel kabul göreni soyulma direnci testidir. Soyulma direnci değerleri kullanılan yapıştırıcı madde miktarına bağlı olarak değişmektedir:

- Orta tabakanın yoğunluğu
- Orta tabakanın hücre boyutları
- Soyulma yönü (numune uzunluğuna veya dikine)
- Yüzey hazırlığının elverişliliği
- Yapıştırılan yüzeyin yapışma sonrası bozunmaya uğraması

Sandviç levhalarda yaygın olarak kullanılan yapıştırıcıların önemli teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

#### **Epoksi Yapıştırıcılar**

Epoksi yapıştırıcılar 20-90 °C gibi düşük sıcaklıklarda kurlenen yapıştırıcılar olup, bazı formülasyonlar yüksek sıcaklıklarda da (130-220°C) kullanılabilir. Çözücüler olmadan kullanılabilme ve kurlenme sırasında uçucu yan ürünler oluşturmama gibi avantajlara sahiptirler.

Bu özelliği ile de çekme oranları düşüktür. Çözücülerle kullanılmamaları sayesinde epoksiler neredeyse her tür orta tabaka için uygundur. Epoksiler macun, film, toz ya da katı olarak temin edilebilmektedir. Tipik Makaslama Dayanımları 20-25 MPa'dır. Primer kullanılması halinde metallere yapışmaları iyileşmektedir. Dezavantajları, ciltle temasta alerjik etkiye sahiptirler.

Fenolik yapıştırıcılar mükemmel dayanım, yüksek sıcaklıkta mekanik özellikler ve sağlamlığa sahiptir. Temel dezavantajları katılaşma sırasında su açığa çıkarmalarıdır. Bu yüzden de havalandırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Genellikle yapıştırıcı film şeklinde kullanılmaktadır. Fenolik yapıştırıcıların kullanımı havalandırmanın ve yüksek sıcaklıklarda yapıştırmanın bir problem teşkil etmediği balpeteği üretimi ile kısıtlanmaktadır. Fenolik yapıştırıcılar tokluğun artırılması amacıyla çoğunlukla sentetik kauçuklarla modifiye edilmektedir.

### **Poliüretanlar**

Poliüretan yapıştırıcılar sandviç bileşenleri yapıştırmada en çok kullanılan yapıştırıcılardan biridir. Bunun nedeni, bu yapıştırıcıların birçok malzeme için uygun olmalarıdır. Geniş ölçekte viskozite aralığında macun ya da sıvı olarak kullanılabilirler, kürlenme süreleri uzun ya da kısa olabilir, alev ya da suya dayanıklı formüle edilebilirler. Poliüretan yapıştırıcılarda neredeyse hiç çözücü bulunmadığından, çevre dostudurlar ve tüm yapıştırıcılar içinde en az zehirli olanlarıdır. İki farklı tipleri bulunmakta olup, bunlar, tek bileşenli ve çift bileşenli sistemlerdir. Tek bileşenli sistemler ön-kürlenmiş iken, çift bileşenli sistemler rutubette kürlenmeye devam etmektedirler. Kürlenme için gerekli olan rutubet yapıştırma öncesinde yüzeylere su püskürtülerek sağlanmaktadır. Kürlenmenin başlaması yapıştırıcının tipine bağlı olarak birkaç dakikadan saatlere kadar değişkenlik gösterebilir.

### **Üretan Akrilatlar**

Polyesterler ve vinil esterlerle uyumlu yapıştırıcılardır. Oldukça tokurlar ve kürlenme sırasında neredeyse hiç çekme göstermezler. Cam elyaf takviyeli plastik sandviç yapılarda yüzey tabakası orta tabaka yapışmasını artırmanın bir yolu orta tabakaya en yakın tabaka olan ilk takviye tabakasında üretan akrilat kullanılmasıdır.

### **Polyester ve vinil ester yapıştırıcılar**

Uzay endüstrisi dışında en çok kullanılan takviyeli plastik matris malzemeleridir. Bu yapıştırıcıların bir dezavantajı kürlenme

sırasındaki çekme sebebiyle ara yüzeyde meydana gelen makaslama gerilmeleridir. Bu etkinin azaltılması için bir yöntem laminatın yapıştırılması öncesinde yüzeyin primerlenmesidir. Primerlemede çok ince bir tabaka uygulanmakta ve yüzey hücreleri ancak kapanacak şekilde ve laminatın geri kalanının uygulanması öncesinde kürlenmenin bitmesi beklenmelidir.

### **Sandviç levhalar ve örnek ürünler**

Sandviç kompozit levhalarda kullanılan orta tabaka (core) malzemelerin çeşitliliği (balsa, kavak, göknar, ladin gibi masif malzemeler, polipropilen petek, PVC petek, alüminyum petek, kağıt petek, poliüretan köpük, vb.) açısından oldukça fazla olan sandviç malzemelerden kullanım alanının yaygınlığı bakımından dikkat çeken köpüklü ve petekli kompozit levhalara yer verilmiştir.

### **Petekli kompozit levhalar**

Petekli kompozit paneller masif ahşap panellere alternatif olarak kullanılmakta olup, levha örnekleri Şekil 8-14'de verilmiştir. Daha çok yat ve gemi inşa, uçak, tren, karavan vb. araç mobilyalarında kullanılan Şekil 8'de Ahşap plastik petekli kompozit levhalar günümüzde daha farklı alanlarda kullanım imkanı bulmaktadır.

Literatür incelendiğinde petekli sandviç levhaların teknolojik özelliklerini (nem ve ısıya karşı direnç, mekanik vb.) ortaya çıkarmaya yönelik birçok çalışma mevcuttur (Arslan ve Kaman, 2002; Ulay ve Güler, 2010; Güler ve Ulay, 2009 ve 2010; Kolat, 2005; Körbahtı, 2004; Yasutaka ve ark.,1996; Kenjiro ve ark., 1995).



Şekil 8. Ahşap ve plastik petekli kompozit levha örnekleri (URL2 ve URL3 , 2014. İzin alınmıştır.)

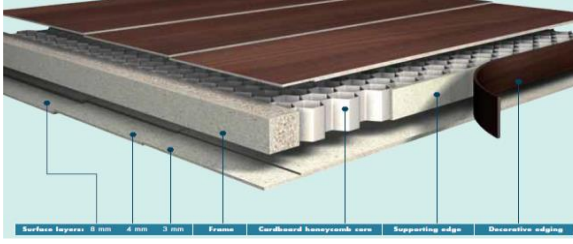
Ahşap yüzey levhası ve petekli orta tabakadan oluşan levhalar hafiflik ve esneklik özellikleri ile birçok alanda kullandığı gibi mobilya ve dekorasyon alanında da kullanılmaktadır (Şekil 9).

Dünya mobilya pazarındaki en tanınmış markalardan olan *Ikea®* gibi fabrikaların başlattığı hafif levhalardan mobilya tasarımı ve üretimi gün geçtikçe kullanım alanını genişletmektedir.



Şekil 10'daki mermer (yüzey) alüminyum petekli kompozit levhalar uçak ve denizcilik sektöründe kullanım imkanı bulabilmektedir. Alüminyum malzemesinin esnek ve neme karşı direncinin yüksek olması (Arslan ve Kaman, 2002) nedeni ile mermer gibi yoğunluğu yüksek ve buna bağlı olarak ağırlığı fazla olan levhaların yerine iç dekorasyonda banyo, tuvalet, mutfak gibi alanlarda su ile karşılaşması muhtemel alanlarda (masa, tezgah, duvar ve zemin kaplaması) kullanımı artacaktır. Şekil 11'de kağıt petekli kompozit levhalar genellikle mobilya ve kapı imalat sektöründe kullanımı yaygındır. Kağıt petek malzemesinin hafiflik ve izolasyon amaçlı olarak mobilya imalatında ve iç dekorasyonda kapı, kitaplık, elbise dolabı, şifonyer, portmanto, masa gibi

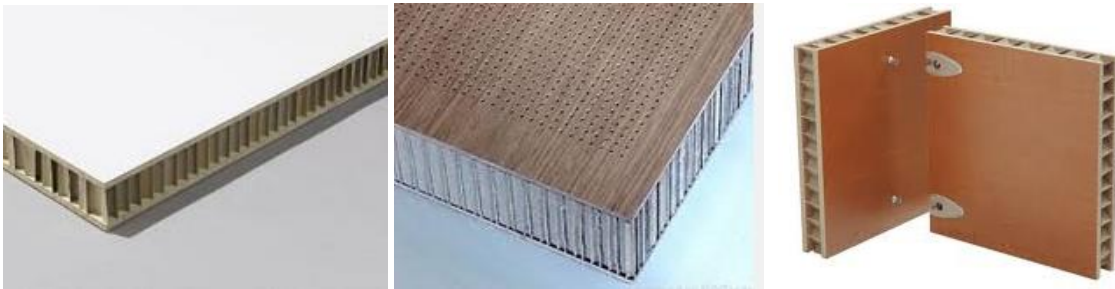
elemanlarında özellikle depreme yönelik önerilen hafif mobilyalarda (Ulay, 2013) kullanılabilir. Ayrıca bu tür kağıtlı kompozit levhalara yönelik özel olarak aksesuar ve donatı ekipmanları sektörde kullanılmaktadır (Winsor, 1992; Anonim, 2014a ve 2014b). Şekil 12'de petekli kompozit levhalar ile imalatı yapılmış mobilyaların resimleri verilmiştir. Petekli kompozitlerin mobilya sektöründe birçok farklı uygulama türleri bulunmaktadır. Petekli kompozit levhaların mobilya imalatında kullanımı ile ilgili bazı uygulama kısıtları mevcuttur (Güler ve Ulay, 2009, 2010). Bu kısıtlara yönelik her geçen gün özel çözümler şekil 11-16'da olduğu gibi geliştirilmektedir.



Şekil 9. Kağıt petekli sandviç levha yapısı ve mobilya üretiminde kullanımı (URL2, 2014. İzin alınmıştır.)



Şekil 10. Alüminyum petekli kompozit levha örnekleri (URL3, 2014. İzin alınmıştır.)



Şekil 11. Kağıt petekli kompozit levha örnekleri (URL2, 2014, Anon, 2014a. İzin alınmıştır.)





Şekil 12. Petekli kompozit levhaların mobilya imalatında kullanımı (Güler ve Ulay, 2009)

Sektördeki uygulamalara bakıldığında kompozit levhaların mobilya imalatında kullanımı ile ilgili uygulama kısıtlarına yönelik çözüm önerilerinden biri şekil 13 ve 14'deki doldurma tekniğidir.

Ayrıca, bunlara ek olarak vida tutma direncinin düşük olması, iki levha birleştirme alanları ve kenar konstrüksiyonun olumsuzluklarına yönelik özel vida, bağlantı elemanı vb. ürünlerdir (Anonim, 2014a ve 2014b)

Sektörde bu tür uygulamaların yaygınlaşması için üretilmiş çözümlerin bilinirliğinin artırılması kompozit levha kullanımını artıracak düşünülmemektedir. Mobilya tasarımı açısından eksiklikleri Şekil 14'deki gibi giderilmiş alternatif malzeme olan hafif sandviç levhalar özellikle deprem bölgelerinde yaşayan insanlara yönelik mobilya tasarlayan ve üreten fabrikalar için depremlerdeki yaralanmaları ve can kayıplarını önlemek için tasarlayacakları hafif mobilya imalatında kullanımı önerilmektedir (Ulay, 2013; Ulay ve Bekiroglu, 2013).

#### **Köpüklü kompozit sandviç levhalar**

Köpüklü kompozit paneller ahşap panellere alternatif olup, yaygın kullanılmakta olan levha örnekleri Şekil 15 ve 16'da verilmiştir. Daha çok yat ve gemi inşaat, uçak, tren, karavan, otomobil gibi araç mobilyalarında kullanılan Şekil 16'daki ahşap köpüklü (PUR) sandviç kompozit levhalar gün geçtikçe ahşap esaslı levhalara göre %40-70 oranında daha hafif, kolay taşınabilir, daha ucuz, geri dönüşebilir, ekolojik olmaları ve yeterli mekanik özellikleri taşıması gibi avantajlarıyla kullanım alanını genişletmektedir (Ulay ve Güler, 2010). Deprem bölgelerine yönelik hafif mobilya elde edilebilmesi için bu tür

hafif levhaların kullanımı önerilmektedir (Ulay, 2013; Ulay ve Bekiroglu, 2013).

Şekil 16'da verilen köpüklü kompozit levhaların farklı yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmıştır. Köpüklü kompozit levhaların kullanım yerlerine bağlı olarak orta tabakanın yoğunluk miktarları (10-800 kg/m<sup>3</sup>) farklılık arz etmektedir. Orta tabaka malzemesi köpük olan levhalarda yüzey malzemesi olarak kontrplak kullanılan örnekler yer verilmiştir

Şekil 16'da yer alan levhalar daha çok eğilme direnci aranan yerlerde tercih edilen ve esneklikten çok rijitlik özelliği beklenen durumlarda kullanılan güçlendirilmiş köpüklü kompozit levhalardır.

Literatürde yer alan çalışmalarda karbon fiber takviyeli sandviç levhalar (Jianke ve ark., 1998) gibi birçok takviye malzemesi ve yöntemi mevcuttur.

Güçlendirme işlemlerinde farklı teknikler ve malzemeler kullanılmakla birlikte daha çok ızgara kiriş tekniği uygulanmaktadır. Bu tür uygulamaların levhaların eğilme direncini artırırken esneklik özelliğini de azaltmaktadır. Güçlendirilmiş kompozit levhaların fiyatları kompozit levhalara oranla daha yüksektir. Bunun sebebi olarak levhanın hazırlanmasındaki ilave malzeme ve işçilik giderleri olduğu bilinmektedir

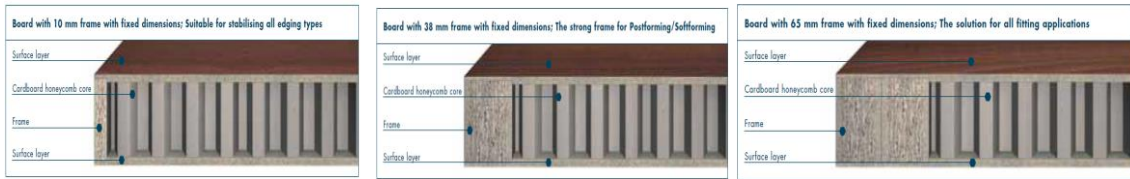
#### **Sandviç levhalar ile mobilya imalatı**

Sandviç levhalar birçok sektörde olduğu gibi mobilya sektöründe de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Mobilya üretimi ülkemizde yıllık işlem hacmi yaklaşık 2,8 milyar doları (TİM, 2014) bulmakta ve hali hazırda tüm dünyada gelişmekte olan bir sektördür. Mobilya kavramı iç mekanlar da insan ihtiyaçlarını karşılayama yarayan eşyalar olarak tanımlanmaktayken günümüzde artık teknolojinin tüm imkanlarının kullanıldığı endüstriyel bir ürün

haline gelmiştir. Malzeme endüstrisinde buna bağlı olarak teknoloji ve tasarım alanında yaşanan gelişmelere kapılarını açan mobilya sektörü her geçen gün ürün ve hizmet standartlarını artırmaya çalışmaktadır. Bunun yanında çevreci malzemelerin kullanılması ve kullanılan ürünlerin geri dönüşümlerinin sağlanması da ürünlerin ve tasarımların kalite göstergeleri arasındadır(URL4, 2014).

Günümüzde hali hazırda faaliyet gösteren ve dünya çapında mobilya markası olarak bilinen işletmeler daha çevreci daha teknolojik ve aynı zamanda ekonomik ürünler üretmeye yönelik yoğun çaba

içerisindedir. Bu bağlamda Ikea® ve daha birçok mobilya pazarında bilinen markalar sandviç levhalardan ürettikleri ürünleri tüm dünya pazarına sunmaktadırlar. Kağıt petekli levhalardan panel üretimi, kapı üretimi, mobilya ve duvar panelleri gibi ürünler hali hazırda üretilmektedir. Sandviç levhaların üretim parametreleri bazı firmalar tarafından önerilmektedir. Örnek olarak Şekil 17’de yer alan levhalara kaplama preslenmesinde sıcak presleme şartları olarak 3 dakika, maksimum 1,5 kg/cm<sup>2</sup> ve maksimum 90°C (laminat için 70°C) önerilmektedir (URL2, 2014).



Şekil 13. Sandviç levhalarda kenar dolgu/besleme ile güçlendirme yöntemleri (URL2, 2014)



Şekil 14. Sandviç levhalarda kenar dolgu/besleme yöntemleri (URL2, 2014. İzin alınmıştır.)



Şekil 15. Köpüklü (PU) sandviç levhalarına örnek ürünleri (Güler ve Ulay, 2009).



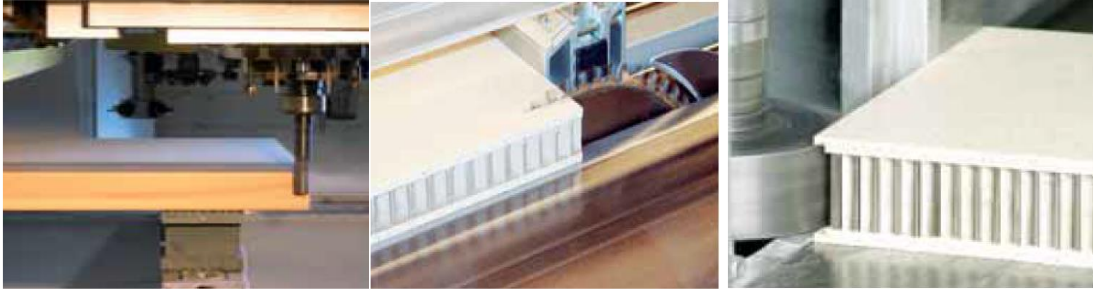
Şekil 16. Güçlendirilmiş Köpüklü (PU) kompozit levhalara örnek ürünler (Güler ve Ulay, 2010).



Şekil 17. Kağıt petekli levhaya kaplama preslenmesi ve kenar bant uygulaması (URL2, 2014. İzin alınmıştır.)

Şekil 18’de yer aldığı gibi petekli yapılardan elde edilen birçok levha türü mobilya üretim tesislerinde bulunan mevcut makine ve takım ile kolaylıkla işlenebilmektedir. CNC teknolojisine sahip makineler ve diğer makinelerde mobilya imalatı için gerekli olan kesme, delik delme, frezeleme, kanal açma, frezeleme, zımparalama gibi işlemler aynı makineler ile

işlenebilmektedir. Sandviç levhalarda kenar boşaltma işlemleri için özel olarak freze makinelerinde kullanılan kalıp sistemleri mevcuttur. Ayrıca mobilyalarda kullanılacak olan menteşe, kulp vb. aksesuarların montajı içinde çerçeve dolgu tekniği kullanılmaktadır.



Şekil 18. Sandviç levhalarda yapılabilen delik delme, boy kesme, frezeleme vb. işlemleri (URL2, 2014. İzin alınmıştır.)

### Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada yer verilen ahşap esaslı sandviç kompozit levhalar uzay, uçak, yat ve gemi, tren, karavan gibi taşıtların gövde ve iç dekorasyonunda mobilya gibi diğer donatıların imalatında kullanılmaktadır. Gün geçtikçe kullanımı yaygınlaşan ahşap sandviç malzemelerin türleri ve çeşitleri de yapılan Ar-Ge çalışmalarına bağlı olarak artmaktadır.

Tüm dünyada nüfus artışına bağlı olarak odun hammaddesi arzında giderek bir azalma olmaktadır. Bu durum kalın ve masif ahşap esaslı levhaların en çok kullanıldığı sektörlerden biri olan mobilya sektörü için alternatif çözümlerin bulunmasını gerekli kılmaktadır. Yaşadığımız çağın etkisiyle insanların tüketim alışkanlıklarının artması buna bağlı olarak yeni tasarımlar ve farklı ürünlerin ortaya çıkması devam etmektedir. Ahşap sandviç kompozit levha ürünlerinin artması ve bu levhalara yönelik olarak özel tasarlanan aksesuar ve bağlantı elemanlarının (Anonim, 2014a ve 2014b) artmasıyla ahşap sandviç kompozit levha ürünleri kullanımı yaygınlaşabilecektir.

Tüketicilerde çevre bilincinin artmasıyla eko-mobilya olarak ifade edilen daha az odun hammaddesi kullanarak modern tasarımlara sahip çevreye duyarlı ekonomik ürünlerin üretimi günümüzde önem kazanmış bulunmaktadır. Buradan hareketle sandviç levhaların geri dönüşüm olanaklarının kullanıcılar açısından göz ardı edilmemesi

gerekir. Ayrıca, çevreye duyarlı ekonomik ürünlerin üretimi bilinçli ve çevreci tüketicilerin bireylerin tercih olacaktır. Eko-mobilya şeklinde tanımlanan çevreye duyarlı ve geri dönüşümü mümkün olan ürünlerden oluşan tasarımlar yaşam alanlarında daha görünür ve sık kullanılır hale gelmelidir. Bu sayede küresel ısınma ve küresel çevre sorunlarının etkisini minimize etmek için eko-mobilya (URL4, 2014) kavramı insanların gündemine girebilecektir.

Ahşap sandviç kompozit levha kullanımındaki önemli avantajlar; hafiflik, düşük taşıma maliyeti, depolanma sürelerinin uzunluğu, esnek kalınlık tasarımı ve kolay form verilebilirlik vb. tasarımcılara ve üreticilere birçok imkanı bir arada sunmaktadır.

Ülkemizin %95’i deprem riski taşımakta olup yerleşim yerlerinin %92’si deprem kuşağı içerisindedir. Depremlerdeki yapısal olmayan hasarların çoğuna da mekan içindeki mobilyaların sebep olduğu bilinmektedir (Ulay, 2013). Bu konuda hafif mobilya üretimi depreme karşı alınan önlemler açısından değerlendirildiğinde ahşap sandviç levhaların kullanımları önerilmektedir. Sonuç olarak malzeme teknolojileri alanında yaşanan bunca gelişme içerisinde ülkemizin de pay sahibi olması ve yerli üretimin geliştirilmesi için Tübitak ve benzeri kuruluşların sağladığı desteklerden faydalanılarak yeni ürünler geliştirilmelidir.

Kompozit levha ürünleri için Tasarım ve ARGE çalışmalarında Üniversite & Sanayi işbirliği sağlanmalı ve sektörün ihtiyaç

#### **Kaynaklar**

Anonim. 2014a. Petek panel bağlantı elemanları, 2014 Hafele Genel E-Katalog, s: 2.16-2.20, İstanbul.

Anonim 2014b. Hafif yapıli levhalar için bağlantı elemanları, Hettich Katalog, s:1062-1071, İstanbul.

Anonymous 1999. Wood Handbook - Wood as an Engineering Material. Gen. Tech. Rep. 1999. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service and Laboratory, Madison WI, USA.

Arcasoy O. 2006. Kompozit sektörü raporu. İstanbul Ticaret Odası, 4 s, İstanbul,

Arslan N., Kaman M.O. 2002. Alüminyum, kağıt ve cam elyaf petek yapıli kompozitlerin üretim teknikleri ve mekanik özelliklerinin araştırılması. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 4(3), 113-123.

Arslan M.B., Karakuş B., Güntekin E. 2007. Tarımsal atıklardan lif ve yonga levha üretimi. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 9(12), 54-62.

Beckwith, Scott W Sandwich core materials & technologies – Part I. BTG Composites Inc., Salt Lake City, UT, SAMPE Journal 45(4), 52-53.

Güler C., Ulay G. 2010. Köpüklü kompozit (sandviç) levhaların bazı teknolojik özellikleri. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, 2, 88-96.

Güler C., Ulay G. 2009. Petekli (honeycomb) kompozit levhalar. Mobilya Dekorasyon Dergisi, 90, 78-92.

Jianke Z., Youngfu J., Zhihua L. 1998. Mechanical properties of honeycomb sandwich panels at low temperatures. Proceedings of the Conference on Cryogenics and Refrigeration, p.470-473, Paris.

Kenjiro K., Sohei S., Gilles K. 1995. Influence of water on mechanical properties and fracture mechanism of FRP/aramid honeycomb core sandwich material. Zairyo Journal of the Society of Materials Science, 44, 1273-1278, Japan.

Marshall Andrew C. 1998. Sandwich construction, handbook of composite, ISBN 412540207, United Kindom, s: 255-290.

Kolat K. 2005. Farklı ortamların sandviç kompozitlerin kırılma tokluğu üzerindeki etkisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Körbahtı B. 2004. Kompozit düzlemsel panellerde çırpınma kontrolü, İstanbul

duyduğu aynı zamanda ithal ettiği ürünlerin ülkemizde geliştirilerek üretilmesi teşvik edilmesi önerilebilir.

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, İstanbul.

TİM, 2014. Ekonomi ve dış ticaret raporu, (Türkiye İhracatçılar Meclisi), s:65-66, İstanbul.

TOBB, 2013. Türkiye Mobilya Meclisi Sektör Raporu. (Türkiye Odalar Borsalar Birliği), s:6-7, Ankara.

Ulay G. 2013. Depreme karşı iç mekan donatılarındaki çözümler. II. Ulusal Mobilya Kongresi 11-13 Nisan 2013, Denizli.

Ulay G., Bekiroğlu M.S., 2013. Van earthquake and its impact on using the indoor furniture. International Van Earthquake Symposium, Van.

Ulay G., Güler C. 2010. Köpüklü (poliüretan) ve petekli (honeycomb) kompozit lamine malzemelerin bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi. MYO-ÖS 2010 - Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu 21-22 Ekim 2010, Düzce.

URL1, 2014.

<http://www.teknopanel.com.tr/Sayfalar/410/Hammadde-Bilgileri/Boya.aspx>

URL2, 2014.

[http://www.egger.com/UK\\_en/downloads.htm](http://www.egger.com/UK_en/downloads.htm),  
www.egger.co.uk/zoom.

URL3, 2014.

<http://www.hexcel.com/products/aerospace/ahoneycombs>

URL4, 2014, Mobilya Tasarımında Çevre Dostu Yaklaşımların Tarihsel Süreci, 2012.

<http://www.ikibin50dergisi.org/32/mobilya-tasariminda-cevre-dostu-yaklasimlarin-tarihsel-sureci.html>

Yasutaka T., Kiyoshi T, Yoshiteru N. 1996. Analysis of mechanical properties of aramid honeycomb core. Transaction of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part A, 61, 1608- 1614.

Winsor J.R. 1992. Analysis and optimisation of composite honeycomb sandwich cylindrical shells. Proceedings of the 7th Technical Conference of the American Society for Composites, University Park, PA, USA.