

KÖPÜKLÜ KOMPOZİT (SANDVIÇ) LEVHALARIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Cengiz GÜLER¹ Göksel ULAY*²

¹ Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orm. End. Müh. Böl., 81620, DÜZCE

² Numarine Denizcilik San. ve Tic. A.Ş., 41400, Gebze / KOCAELİ

*gokselulay@numarine.com

ÖZET

Ahşap levha ürünlerinde ürün çeşitliliği gün geçtikçe artmaktadır. Köpük yapılı kompozit (sandviç) malzemelerin daha hafif, esnek ve kullanım yerine uygun direnç özellikleri göstermesi açısından dikkat çekicidir. Bu çalışmada köpüklü kompozit (Sandviç) panellerin üretimi, avantajları ve dezavantajları hakkında bilgiler verilmiş olup, köpüklü kompozit levhaların bazı teknolojik özellikleri incelenerek diğer levha ürünleri ile karşılaştırılmıştır. Köpüklü kompozitlerin diğer kompozit levhalara göre % 40-70 oranında daha hafif olmaları, rutubete karşı dirençli, kolay taşınabilir, geri dönüşümlü ve ekolojik olmalarının yanında yeterli mekanik özellikler taşımaktadır. Elde edilen köpüklü kompozit malzemenin teknolojik özellikleri, kullanılan köpük kalınlığına göre değişmekte olup orta kısımda kullanılan köpük kalınlığı oranı arttıkça eğilme direnci azalmakta ancak daha hafif bir malzeme üretimi elde edilmiştir. Su alma ve kalınlık artımı gibi özellikleri ise iyileşmiştir.

Anahtar kelimeler: Kompozit panel, Köpük, Sandviç panel, Teknolojik özellikler

SOME TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF FOAMED COMPOSITE (SANDWICH) PANELS

ABSTRACT

Product diversity of the wood panels has been increased day by day. Foamed (sandwich) composites receive more attention because they are lightweight, flexible and aptly resistant for any use. This study explores the production, pros and cons of the foamed (sandwich) composite panels. The study deals with some technological properties of these panels in comparison to other panels. Foamed panels provide moisture resistant, portable, recycled and ecological panels with up to 40-70% reduced weight when compared to other composite panels, besides they have satisfactory mechanical properties. Technological properties of the produced foamed panels vary depending on the thickness of the foam sandwiched. The thicker the foam core, the more bending resistance and the less weight the panel had. Also some other properties such as water absorption and thickness swelling were improved.

Keywords: Composite panel, Foam, Sandwich panel, Technological properties.

1.GİRİŞ

Endüstride gün geçtikçe hammadde sıkıntısı artmakta olması nedeniyle alternatif endüstriyel ürünlere yönelik arayışlar devam etmektedir. Buna paralel olarak her geçen gün ürün çeşitliliği de artmaktadır.

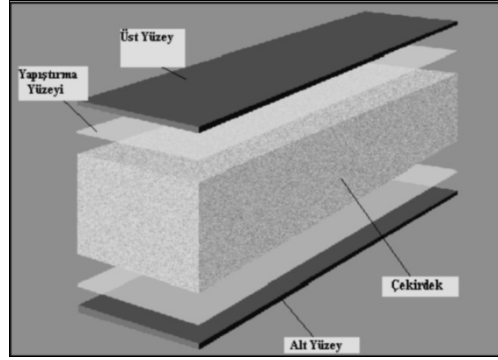
Köpüklü kompozit levha; poliüretan (PUR) levhanın belirli kalınlıklardaki kontrplak tabakalarının arasında preslenmesi sonucu bütün bir yapıya getirilmesiyle oluşmaktadır. Fiziksel durumları itibari ile sandviç malzeme ismi ile nitelendirilmekte ve bu yöntemle imal edilmektedirler. Ülkemizde henüz bir yerde yatların iç kısımlarında kullanılmak üzere üretimi yapılmaktadır.

Türkiye ve dünyada endüstriyel orman ürünlerine olan ihtiyacın karşılanabilmesi için hammadde kaynaklarının tekniğe uygun olarak optimum düzeyde işletilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle farklı materyallerin bir araya getirilmesi ile elde edilen kompozit malzemeler günümüzde önem kazanmıştır.

Kompozit malzeme; birbirine karışmayan iki veya daha fazla katının bileşimiyle oluşan katı malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Bu bileşik yapının özelliği, kendini oluşturan maddelerin özelliklerinden çok daha üstün özellikte olmasıdır (Arıcasoy, 2006). Bir başka ifadeyle kompozit malzeme, birbirinden biçimleri ve kimyasal bileşimleri ile ayrılmış ve temel olarak birbiri içinde çözünmeyen, iki ya da daha çok mikro ya da makro bileşenin karışımı ya da bileşimiyle oluşan malzemedir (Erol, 2007).

Kompozit malzemelerin diğer malzemelere karşı avantajları arasında hafiflik, esneklik, değişik formlara kolay dönüşebilir, yüksek yorulma kabiliyeti, darbe ve korozyon dayanımına sahip olmaları, rutubete karşı dirençli, kolay taşınabilir, uzun süre muhafaza edilebilir, boyutlarının stabil olması, kolay işlenebilir olması, geri dönüşümü kolaylığı olarak sayılabilir. Kompozit malzemelerin kullanımını kısıtlayan bazı dezavantajları da mevcuttur. En önemli dezavantajlarından biri kompozitlerin üretiminin yüksek maliyetli olması diğer ise hasar görmüş kompozit yapıların onarımının daha zor olması doğal ürün olamaması ham maddenin pahalı olması, gibi faktörler sıralanabilir (Arslan ve Kaman, 2002; Güler ve Ulay, 2009).

Farklı endüstri kollarında sandviç levha üretilmesinde çekirdek (Core) malzemenin alt ve üst kısımlarında, MDF, Yonga levha, Ahşap, HDF, OSB, GRP, Alüminyum, Galvaniz, Mermer, Granit, Doğal Taş, Deri, Kumaş malzemenin yanı sıra kontrplak ta kullanılabilir (Anonim, 2009a). Şekil 2’de köpüklü kompozit panelin kısımları görülmektedir. Kompozit imalatında kullanılan poliüretan (PUR) köpüklü yapı, poliöl ile izosiyanatın (MDI) reaksiyonu sonucunda elde edilmektedir. Köpüklü kompozit (sandviç) levhaların aynı kalınlıktaki kontrplaklara göre daha hafif ve kullanım yerine uygun direnç özellikleri göstermektedir.



Şekil 1. Köpüklü kompozit panel bileşenleri.

Diğer kullanılan hafif nitelikteki kompozit malzemelerden biri de izolasyon liflevhalarıdır. Bu levhalar düşük yoğunluğa sahiptir ve yoğunlukları $0,16$ ile $0,50$ gr/cm^3 arasında değişmektedir. Binalarda izolasyon amaçlı ve yer döşemesi olarak kullanılırlar. Mevcut işletmelerin pek çoğu yanmaya dayanıklı bir ürün yapmak amacıyla, odun lifinden çok mineral lif kullanmaktadır. Katı üreten köpükleri, folyolar, fiberglass ve diğer materyallerle kombine edilen levhalar duvar ve çatı elemanları olarak üretilmektedir (Haygreen ve Bowyer, 1996; Altuntaş, 2008).

Bir çalışmada çekirdek malzeme olarak göknar ağacı, kontrplak, coremat ve poliüretan köpük dış kaplama olarak 2 mm kalınlıkta cam fiber kullanılarak kompozit malzeme üretilmiş bazı teknolojik özellikleri incelenmiştir. Normal hava koşullarında ve tuzlu suda bekletilmiş örneklerin yük yayılma değerleri belirlenmiştir. Coremat malzemenin kırılma tokluğu diğerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Poliüretan köpük ise en az kırılma tokluğuna sahip çıkmıştır. Ancak kullanım yerinde hafiflik gereksinimin önemli olduğu yerde poliüretan köpükten üretilmiş malzemenin kullanılmasının gerektiği vurgulanmıştır (Kolat, 2005; Kolat vd., 2007).

Bull ve Edgren (2004)'te yaptıkları çalışmada çekirdek malzeme PVC köpük ve yüzey kaplama malzemesi olarak karbon fiber kullanarak ürettiği malzemenin çarpma ve basınç direnci testine tabi tutarak ultrasonik taramayla etkilerini incelemiştir.

Yine diğer bir çalışmada deniz yatlarında kullanılan PVC core malzemeli sandwich malzemenin kırılma tokluğunu incelemiştir (Veazie vd., 2004).

El-Meligy vd., (2010) muz lifleri ile birlikte poliüretan köpük kullanılarak üretilen kompozit malzemenin su alma miktarı ve dielektrik özellikleri incelenmiş sonuçta su alarak şişme miktarının azaldığı ve dielektrik özelliklerinin iyileştiğini belirtilmiştir.

Yeh ve Wu (1991) de yaptıkları bir çalışmada, orta kısımda alüminyum honeycomb ve poliüretan köpük kullanılmış kompozit malzemelerin sandwich yapılarının eğilme özelliklerini incelemiştir.

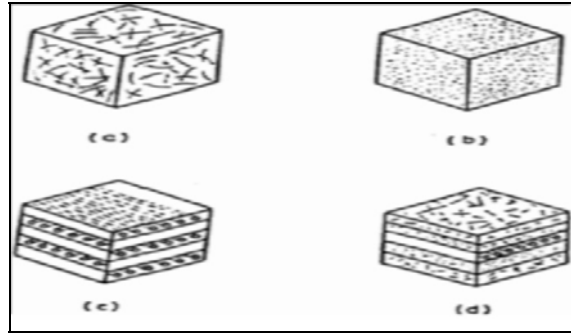
Kompozit malzemeler kolay şekillendirilebilir, elektrik özellikleri iyi, süneklik nedeniyle doğal titreşimlere karşı mukavemeti yüksek olabildiği gibi hafif olmaları

KÖPÜKLÜ KOMPOZİT (SANDVIÇ) LEVHALARIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ

korozyana ve rutubete karşı dirençli olmaları gibi bir çok avantajları vardır. Bunun yanında vida tutma gibi direnç değerleri diğer kompozitlere göre daha düşüktür.

Poliüretan köpük, poliöl ile izosiyanatın (MDI) reaksiyonu sonucunda meydana gelir. İzosiyanat gruplarının (-NCO) poliölün (OH-) gruplarıyla reaksiyona girmesi, poliüretan kimyasının esasını oluşturur. İzosiyanat-poliöl polimerizasyon reaksiyonunun yanı sıra eşzamanlı olarak, izosiyanat gruplarının, formülasyonda az miktarda mevcut olan su ile reaksiyona girmesi sonucunda ortaya çıkan karbondioksit (CO₂) gazı, polimerize olmaya başlayan karışımın köpürmesini sağlar. CO₂ tek başına köpük yoğunluğunu istenilen düzeye düşürmekte yeterli olmadığından, karışımda HCFC 141b veya Pentan gibi yardımcı şişirme ajanları kullanılır. Polimerizasyon ve gaz reaksiyonlarının hızlarını hassas olarak kontrol edebilmek için özel hızlandırıcılar (katalizörler) yanında, oluşan hücrelerin cidarlarının kalınlığının ve boyutlarının kontrolünü sağlamak ve yüksek oranda kapalı hücre yapısı elde etmek için de özel hücre düzenleyiciler kullanılır (Anonim, 2009b).

Kompozitlerin genel yapılarına bakıldığında çok sayıda farklı malzeme kullanılabilirdiğinden dolayı, kompozitlerin gruplandırılmasında kesin sınırlar çizmek mümkün olmamakla birlikte, yapıdaki malzemelerin formuna göre genel olarak elyafı, parçacıklı, tabakalı ve karma kompozitler şeklinde bir sınıflandırma yapmak mümkündür (Şekil 2) (Vatandaş ve Gökmen, 2007). Buna göre dış tabakaları kontrplak olan köpüklü kompozit malzeme tabakalı kompozit sınıfında yer almaktadır.



Şekil 2. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması a) Elyafli Kompozitler b) Parçacıklı Kompozitler d) Tabakalı Kompozitler c) Karma Kompozitler (Vatandaş ve Gökmen, 2007).

Poliüretan, kapı pencere çerçevelerinde, pervazlarda, hafif kompozit imalatında da kullanılır. Poliüretan köpük, ısı yalıtımında olduğu gibi, ses yalıtımı çatı ve duvar panelleri içinde kullanılabilir. Endüstriyel yapı mantolama, ambalaj sanayinde, mobilya sanayinde, mimari projelerde duvar panellerinde, iç dekorasyonda dekoratif profiller, uçak, yat, tekne, gemi, karavan dekorasyonunda vb. alanlarda kullanılmaktadır. Özellikle hızlı ve hafif aynı zamanda belirli bir esnekliği olması gereken taşıma araçlarında (yat, tekne, uçak, sürat motoru, tren vb.) köpüklü kompozit malzemeler tercih edilir olduğu tespit edilmiştir (Kaya ve Aydın, 2006).

Bu çalışmada ise orta tabaka olarak poliüretan köpük, alt ve üst yüzey malzemesi olarak 3 tabakalı kontrplak kullanılmıştır. Elde edilen kompozit malzemenin bazı teknolojik özellikleri incelenmiş ve diğer kompozit malzemelerle karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Dış tabakalarında kontrplak orta kısımda poliüretan köpük piyasadan temin edildikten sonra PVAc tutkalı ile yapıştırılarak sandwich panel şeklinde üretilmiştir.

Dış yüzeylerde 3.5 mm kalınlıklarda üre ve fenol formaldehit tutkalı ile üretilmiş Okume ve Kavak kontrplakları PVAc ile yapıştırılarak üretilen sandviç yapı kompozitlerin ara malzemesi (PUR) köpük olup, Bu tür kompozit panellerde isimlendirme ara malzemenin ismini almakta ve köpüklü (sandviç) kompozit panel olarak isimlendirilmektedir. Deneilerde kullanılan (PUR) poliüretan köpük özellikleri Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Köpüklü kompozit paneller yoğunluğu 30–330 kg/m³ değerleri arasında değişmekte ve genelde 2700x1200 mm ölçülerinde, 12–14–16–18–20- 25 mm kalınlıklarında üretilen oldukça hafif bir malzemedir.

Kompozit levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülü TS-EN 310 (1999)’a göre, levha yoğunlukları TS-EN 323 (1999), Su alma ve kalınlık artımları TS-EN 317 (1999)’a göre tespit edilmiştir.

Çizelge 1.Deneilerde kullanılan (PUR) poliüretan köpük özellikleri:

Yoğunluk (Kg/m ³)	60
Basınç Mukavemeti (Kgf/cm ²) DIN 53421	4,3
Eğilme Mukavemeti (Kgf/cm ²) DIN 53423	6,8
Çekme Mukavemeti (Kgf/cm ²) DIN 53455	5,0
Kayma Mukavemeti (Kgf/cm ²) DIN 53427	1,6
Su Emme 24 saat (%)	2,0
ısı iletkenlik katsayısı 30-60 (Kg/m ³) (Kcal/m.h.°C)	0,024
Su buharı geçirgenlik direnç faktörü (m)	100
Hücre yapısı (adet/cm)	20-24

Poliüretan köpük (PUR) üzerine kontrplak yüzey malzemenin yapıştırılmasında PVAc (Dorus FD 120) tutkalı kullanılmıştır. Tutkal üretici firmanın önerileri doğrultusunda 40 °C sıcaklıkta 10 dakika süre ile 1,5-2 N/mm²lik basınç uygulanarak üretim gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Köpüklü (PUR) Kompozit Panel ile bazı kontrplakların eğilme direnci ve elastikiyet modülü aşağıdaki Çizelge 2’de verilmiştir. 25 mm kalınlıktaki kompozit panelde tabaka kalınlığı 3,5+18+3,5 mm’dir. 17 mm kalınlıktaki köpüklü kompozit panelde ise 3,5+10+3,5 mm’dir. Köpüklü kompozit panelin özgül kütlesi 4,6 kg/m²dir.

KÖPÜKLÜ KOMPOZİT (SANDVIÇ) LEVHALARIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Çizelge 2. Köpüklü (PUR) Kompozit Panel ve bazı levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülü

Panel tipi*	Levha Kalınlık (mm)	Tabaka sayısı	Dış tabakalar	İç Tabaka (Core)	Tutkal Türü	Yoğunluk (gr/cm ³)	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)
Köpüklü kompozit**	25	7	Okume (FF)	Köpük (PUR)	PVAc	0,19	12,65 (1,17)	1940 (101)
Köpüklü kompozit**	25	7	Kavak (ÜF)	Köpük (PUR)	PVAc	0,12	9,95 (0,14)	2089 (312)
Köpüklü kompozit***	17	7	Okume (FF)	Köpük (PUR)	PVAc	0,30	23,20 (3,36)	2797 (408)
Köpüklü kompozit***	17	7	Kavak (ÜF)	Köpük (PUR)	PVAc	0,25	15,88 (2,92)	2985 (227)
Okume Kontrplak	8	5	Okume	Okume	FF	0,52	49,65 (9,44)	6648 (303)
Okume kontrplak	12	7	Okume	Okume	FF	0,60	46,5 (3,84)	6490 (303)
Okume kontrplak	15	9	Okume	Okume	FF	0,55	44,03 (8,04)	5044 (483)
Okume kontrplak	18	11	Okume	Okume	FF	0,59	56,26 (7,83)	6480 (409)
Kavak kontrplak	15	9	Kavak	Kavak	ÜF	0,51	59,03 (7,72)	4496 (1710)
Kavak kontrplak	10	7	Kavak	Kavak	ÜF	0,46	43,10 (7,36)	4085 (770)
Yonga levha ^a	20	3	Fındık zürufu	Fındık zürufu	ÜF	0,70	11,9 (0,80)	1547 (108)
Yonga levha ^b	20	3	Kavak yongası	Pamuk sapı	UF	0,60	13,84 (1,76)	2518 (272)
Yonga levha ^b	20	3	Ladin yongası	Pamuk sapı	UF	0,60	12,86 (1,56)	2444 (338)

* Her bir grup için örnek sayısı 10'dur. Standart Sapma parantez içinde verilmiştir.

ÜF= Üre formaldehit, FF= Fenol Formaldehit, PVAc= Polivinil asetat kaplama tutkalı,

** Köpük kalınlığı: 18 mm'dir.

*** Köpük kalınlığı: 10 mm'dir.

^a (Çöpur vd., 2007)

^b (Güler, 2001)

Elde edilen değerlere göre köpüklü kompozit sandviç panellerin eğilme dirençleri 9,9 ile 23,2 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Diğer kontrplaklarla karşılaştırıldığında düşük olmasına rağmen yonga levhalar için belirlenen minimum standart direnç değerlerinin üzerinde olduğu söylenebilir. Direnç özellikleri bakımından kontrplak malzemelerden oldukça düşük, yonga levhalarla karşılaştırıldığında hemen hemen aynı özellikleri göstermiştir.

Köpüklü kompozit sandviç panellerin 24 saat içinde kalınlıkta meydana gelen değişim % 1 kadardır. Ancak yonga levha gibi malzemelerde oldukça yüksek olup % 19 kalınlık artımı meydana gelmiştir. Okume ve kavak kontrplaklarda ise 24 saat içerisinde meydana gelen kalınlık artımım % 3-5 arasındadır. Buna göre köpüklü sandviç paneller su alma ve kalınlık artışı bakımından özellikleri diğer levhalara göre iyi, direnç özellikleri bakımından yonga levhalara benzer özellikler

göstermiştir. Diğer yandan köpüklü kompozit levhaların yoğunlukları 0,12-0,30 g/cm³ olup diğer malzemelere göre çok hafiftir.

Köpüklü (PUR) Kompozit Panel ile bazı kontrplakların 2 ve 24 saat suda bekletme sonucunda meydana gelen kalınlık artışı ve su alma miktarı Çizelge 3 de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Köpüklü (PUR) Kompozit Panel ile bazı kontrplakların 2 ve 24 saat suda bekletme sonucu kalınlık artışı ve su alma miktarı.

Panel tipi (Kalınlık)		2 saat		24 saat	
		K. A. (%)	S. A. (%)	K. A. (%)	S. A. (%)
Köpüklü kompozit-Okume	(25 mm)	0,90	11,09	1,21	30,01
Köpüklü kompozit-Kavak	(25 mm)	0,83	14,20	1,91	34,13
Köpüklü kompozit-Okume	(17 mm)	1,03	13,40	1,89	32,59
Köpüklü kompozit-Kavak	(17 mm)	0,77	14,94	1,73	41,81
Okume kontrplak	(8 mm)	2,96	12,72	4,50	49,40
Okume kontrplak	(12 mm)	3,01	11,27	4,63	36,99
Okume kontrplak	(15 mm)	5,15	15,16	3,54	44,40
Okume kontrplak	(18 mm)	2,00	12,36	3,11	37,74
Kavak kontrplak	(10 mm)	3,86	30,90	5,68	66,22
Kavak kontrplak	(15 mm)	2,66	25,52	3,40	46,03
Yonga levha (Fındık zürufu)	(20 mm) ^a	14,1	17,8	19,6	43,5
Yonga levha (Kayın-Pamuk sapı)	(20 mm) ^b	14,51	56,70	19,74	75,60
Yonga levha (Kavak-pamuk sapı)	(20 mm) ^b	14,71	65,09	19,67	84,50

K.A : Kalınlıktaki artış yüzdesi, S.A : Su alma yüzdesi, ^a(Çöpur vd., 2007), ^b(Güler, 2001)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Köpüklü kompozit levhalar diğer malzemelere göre oldukça düşük yoğunluğa sahip olmalarına rağmen yeterli mukavemet değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Kontrplak üretim tekniği bakımından değerlendirilecek olursak, orta tabakada dış tabakaya göre yoğunluğu düşük ağaç türlerinin kullanılması özellikle eğilme direncini artırmaktadır. Bu durum diğer kompozit levhalarda olduğu gibi köpüklü kompozit levhalar için de geçerli olduğu görülmektedir.

Elde edilen köpüklü kompozit malzemenin teknolojik özellikleri kullanılan köpük kalınlığına göre değişmekte olup orta kısımda kullanılan köpük kalınlığı oranı arttıkça eğilme direnci azalmakta ancak su alma ve kalınlık artımı gibi özellikleri ise iyileşmektedir. Aynı zamanda köpüklü kompozit malzemeleri değişik kullanım yerleri için yeterli mekanik özellikler taşımaktadır.

KÖPÜKLÜ KOMPOZİT (SANDVIÇ) LEVHALARIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Köpüklü kompozit levhalar diğer levhalarla karşılaştırıldığında 24 saat içinde çok daha az su absorbe etmiştir. Aynı zamanda kalınlıkça değişim miktarı (% 1-2) oldukça düşük değerdedir. Dolayısı ile rutubetli ortamlara daha dirençlidir.

Diğer yandan levhalarda boyutsal stabilize sağlanmıştır. Değişik kullanım yerleri için Köpüklü kompozit levhalar, doğrudan ahşap malzemeden üretilmiş kontrplak, yonga levha ve MDF gibi orman ürünlerine alternatif bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Buradan hareketle bu tür kompozit malzemelerin kullanım yerleri de gün geçtikçe artmakta ve sektörel olarak çok çeşitlilik göstermektedir.

Ülkemizde Tübitak tarafından “Malzeme teknolojileri stratejisi ve vizyonu 2023 projesi” kapsamında kompozit malzemelerin üretimi ve geliştirilmesi desteklenmiş ve hafif ve yüksek mukavemetli malzeme teknolojilerinin önümüzdeki yıllarda ülke ekonomisindeki payını genişleteceği belirtilmiştir (Tübitak, 2004).

Bu çalışmada incelenen köpüklü kompozitlerin diğer kompozit levhalara göre % 40-70 oranında daha hafif, rutubete karşı direncinin yüksek, hafifliği dolayısı ile kolay taşınabilmektedir. Köpüklü kompozitler yeterli direnç özelliklerine sahip olmaları çevreye zararlı olmamaları gibi nedenlerle denizcilikte yat ve gemi parçalarının üretilenmekte ve kullanım alanını sürekli genişletmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Numarine Denizcilik A.Ş tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR:

- Altuntaş, E., 2008. Borlu polimer odun kompozitleri. Yüksek Lisans Tezi, KSU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Anonim, 2009a. Omurga Kompozit Malzeme Teknolojileri Tic. (FORA Denizcilik Yapı Endüstriyel) (<http://www.omurga.tk/products.html>) Erişim: 15 Temmuz 2009.
- Anonim, 2009b. Yılmazlar İzolasyon İnşaat Tic.Ltd.Şti. internet sitesi (<http://www.yilmazlarizolasyon.com>), Erişim: 7 Temmuz 2009.
- Aricasoy,O., 2006. Kompozit Sektörü Raporu. İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.
- Arslan, N., Kaman, M.O., 2002. Alüminyum, Kağıt ve Cam Elyaf Petek Yapılı Kompozitlerin Üretim Teknikleri ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 4 (3): 113-123.
- Bull, P.H., Edgren, F., 2004. Compressive strength after impact of CFRP-foam core sandwich panels in marine applications. Composites, Part B: 35, pp. 535-541.
- Copur Y., Guler C., Akgul M., Tascioglu C., 2007. Some Chemical Properties of Hazelnut Husk And Its Suitability For Particleboard Production. Building And Environment, 42: 2568–2572.
- El-Meligy, M.G., Mohamed S. H., Mahani R. M., 2010. Study mechanical, swelling and dielectric properties of prehydrolysed banana fiber, waste polyurethane foam composites. Carbohydrate Polymers, doi:10.1016/j.carbpol.2009.11.034
- Erol,M., 2007. Karma Malzemeler (Kompozit Malzemeler). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fizik Eğitimi A.B.D., KYM 345 Ders Notları, 3. Bölüm, İzmir, 21 s.
- Guler, C., 2001. Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Saplarından Yonga Levha Üretimi Olanaklarının Araştırılması. Doktora tezi, ZKÜ, Fen Bil. Ens. Zonguldak, 151 s.
- Güler, C., Ulay, G., 2009. Petekli (Honeycomb) Kompozit Levhalar. Mobilya Dekorasyon Dergisi, 90: 78-92.
- Haygreen, J.G., Bowyer, J.L. 1996. Forest Products and Wood Science. IOWA State University Pres, pp. 360–369.

SDÜ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

- Kaya, M., Aydın, H., 2006. Isı Yalıtım Malzemesi Poliüretan Köpüğü Üretim Yöntemleri ve Özellikleri. Soma M.Y.O. Teknik Bilimler Dergisi , Manisa.6: 1-7.
- Kolat, K., 2005. Farklı Ortamlarda Sandviç Kompozitlerin Kırılma Tokluğu Üzerindeki Etkisi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 70 s.
- Kolat, K., Neser G., Ozes C., 2007. The effect of sea water exposure on the interfacial fracture of some sandwich systems in marine use. Composite Structures 78: 11–17.
- Tübitak, 2004. Malzeme teknolojileri Stratejisi Vizyon 2023 Projesi. Malzeme Teknolojileri Strateji Grubu, Ankara.
- Vatandaş, Ö., Gökmen, 2007. Tekne Yapımında Kullanılan Sandviç Kompozit T Bağlantısında Gerilme Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Bitirme Projesi, İzmir. 41 s.
- Veazie, D., Robinson, K., Shivakumar, K., 2004. Effects of the marine environment on the interfacial fracture toughness of PVC core sandwich composites. Composites, Part: 35, 461-466.
- Yeh W.N., Wu Y.E., 1991. Enhancement of Buckling Characteristics for Sandwich Structure with Fiber Reinforced Composite Skins and Core Made of Aluminum Honeycomb and Polyurethane Foam. Theory Appl. Fracture Mech., 15: 63-74.