

Farklı Bor Bileşik Kullanılarak MDF-AYPE Odun Plastik Kompozitlerin Yangına Dayanıklılığının Araştırılması

Ertuğrul ALTUNTAŞ^{1*}, Tufan SALAN², M. Hakkı ALMA¹

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

Yapılan bu çalışmada, yangına dirençli termoplastik esaslı kompozit malzeme üretimi için endüstriyel lifsel atık kullanıldı. Bu amaç için lignoselülozik atık olarak mobilya fabrikası atıkları (MDF atıkları) tercih edildi. Termoplastik malzeme olarak da alçak yoğunluklu polietilen(LDPE) kullanılmıştır. Yangın karşı direnci artırmak için %12 oranında borik asit, boraks ve çinko boraks kullanıldı. Ayrıca lif-plastik arasında uyumsuzluğu gidermek amacıyla MAPE tercih edildi. Kompozit malzemesinin üretimi aşamasında çift vida ekstruder kullanıldı. Bu aşamada elde edilen granül malzeme 170 °C'de sıcakta presde levha haline getirildi. Elde edilen levhalar ASTM standartlarına uygun kesilerek mekanik test örnekleri hazırlandı. Üretilen kompozit malzemelerin mekanik (eğilme direnci, çekme direnci, şok direnci, shore D), fiziksel(su alma testi), termal özellikleri (TGA) ve yangın testleri (yanma Testi ve LOI) araştırıldı. Elde edilen sonuçlara göre borlu bileşiklerin özellikle çinko borat maddesi odun plastik kompozitlerin yangına karşı direncini artırdığı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelime: Kompozitlerin yangına direnci, odun plastik kompozit, MDF atıkları

Investigation of Fire Resistant Of MDF-LDPE Wood Plastic Composite Materials with Different Boron Compounds

In this study, some industrial and natural fibers wastes were used for production of the thermoplastic based composite. Flame retardants (FRs) at 12% ratios boric acid, borax, and zinc borate were used to determine the physical, mechanical, and burning rate properties of wood plastic composite. Lignocellulosics (MDF waste) and pure thermoplastics low density polyethylene (LDPE) were used for production of composites. During composites manufacturing process, coupling agents (e.g., such as maleic anhydride-grafted polyethylene (MAPE) was utilized to improve the adhesion between the hydrophobic plastic and hydrophilic lignocellulosics. The results showed that the addition of reduced all mechanical properties of WPCs except for elastic modulus. But boron compounds improved the thermal properties of the composite.

Keywords: Fire resistance of composite materials, wood plastic composite, MDF waste

1. GİRİŞ

Odun plastik kompozit plastiğin ve ahşabın her ikisinin de optimum performans ve maliyet avantajlarını bir araya getiren materyali temsil etmektedir. Bu katkılardan dolayı orman ürünleri alanında faaliyet gösteren firmalar atıkların değerlendirilmesinde gün geçtikçe odun plastik kompozite olan ilgilerini artırdılar [1].

Odun plastik kompozitler gün geçtikçe insanların sosyal alanlarını oluşturan park, bahçe gibi dış mekan mobilyalarında ve birçok farklı alanlarda kullanılmaya devam etmektedir. Bu artışın sebebi kompozitlerin sahip olduğu rutubete karşı direnç, çürümeye ve mantara karşı direnç gibi üstünlükler bu kullanımı artırmıştır. Ancak plastik ve odun yanmaya oldukça yatkın malzemelerdir. Gün geçtikçe yaşam alanında daha fazla kullanılan odun plastik kompozitlerin yangına karşı direncinin geliştirilmesi gerekmektedir. Plastiklerin yangına karşı

performansı çok iyi şekilde belirlenmiştir. Yanan bir plastiğin bozunması sırasında taksit gazlar meydana ve kömür meydana getirebilir[2].

Odun Plastik Kompozitlerin(OPK) üretiminde maleik anhidrit ile muamele edilmiş polietilen (MAPE) veya polipropilen (MAPP) kullanımının etkinliği farklı çalışmalarda değerlendirilmiştir[3]. Li ve Matuana, (2003)'de poliolefin esaslı uyumsuzluk gidericileri polietilen odun kompozitler içerisinde kullanmışlar ve MAPE uyumsuzluk gidericilerin MAPP'tan daha iyi çekme ve darbe direnci değ erleri verdiğ ini tespit etmişlerdir[4].

Mobilya endüstrisinin en büyük hammaddesi kompozit levhalardır. En çok kullanılan ise MDF levhalar ve suntadır. Dünyanın en büyük levha üreticisi Çin'dir. Çin, dünya levha üretiminin %45'ini yapmaktadır. 2009 yılında 34,5 milyon m³ levha üreten Çin'i sırasıyla ABD, Almanya ve Türkiye takip etmektedir. Türkiye dünyanın en büyük 4. levha üreticisi

*Sorumlu Yazar: Ertuğrul Altuntaş, ealtuntas@ksu.edu.tr

olarak sektör için önemli bir ülke olduğunu açıkça ortaya koymuştur[5].

Yapılan bu çalışmada, yangına dirençli termoplastik esaslı kompozit malzeme üretimi için bazı endüstriyel lifsel atıklar kullanıldı. Bu amaç için lignoselülozik atık olarak mobilya fabrikası atıkları (MDF atıkları) tercih edildi. Termoplastik malzeme olarak da LDPE plastik malzeme kullanılmıştır. Yangın karşı direnci artırmak için %12 oranında borik asit, boraks ve çinko boraks kullanıldı. Ayrıca lif-plastik arasında uyumsuzluğu gidermek amacıyla MAPE tercih edildi. Kompozit malzemesinin üretimi aşamasında çift vida ekstruder kullanıldı.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Yapılan çalışmada endüstriyel lignoselülozik atık olarak MDF tozu kullanılmıştır. Mobilya atölyelerinden temin edilen MDF tozları sarsak elekte 60 mesh'lik elek üzerinde kalan tozlar kullanılmıştır. Bu çalışmada polimer malzeme olarak Petkim markalı alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) plastik malzeme kullanılmıştır. Malzemenin yanmazlığını geliştirmek için borik asit, boraks ve çinko boraks kullanılmıştır. Ayrıca lif plastik arasındaki uyumsuzluğu gidermek amacı ile maleik anhidritle muamele edilmiş polietilen (MAPE) kullanılmıştır.

2.1. Metot

2.2.1. Kompozitlerin Üretilmesi

Tablo 1'de verilen oranlara uygun olarak hazırlanan kompozitler çift vida ekstruder kullanılarak hazırlanmıştır. Altı farklı ısıtma alanına sahip olan ekstruder içerisindeki sıcaklıklar AYPE için 140 °C ile 175 °C arasına ayarlanmıştır. Üretim aşamasında ekstruder vida dönme 100 devir/dk. olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekstruderden çıkan erimiş haldeki karışım kesilerek soğuk su banyosu içerisine konulmuş ve soğutulmuş sertleşmesi sağlanmıştır. Ekstruderden geçirilen kompozit materyal suda soğutulduktan sonra kırıcılardan geçirilerek granül elde edilmiştir. Elde edilen parçacıklar nemli oldukları için en az 6 saat süreyle 103±2 °C sıcaklıktaki etüvde bekletilerek rutubetlerinin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Bu işlem sonrasında malzeme 170 °C'de, 10 dakika süre ile 100 bar basınç altında preslenmiştir. Elde edilen levhalar mekanik ve yanma testlerinde ASTM standartlarında belirtilen örnek ebatlarına uygun olacak şekilde kesilmiştir. Hazırlanan test örnekleri iklimlendirme dolabında ASTM D-618 standardına göre iklimlendirilmesi sağlanmıştır. Deneysel çalışmalarda üretilen kompozitlerin içerikleri tablo 1 de verilmiştir.

2.2.2. Üretilen Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada mekanik testlerde kullanılan örnekler kompozit levhaların üretiminden sonra ASTM standartlarında belirtilen örnek uzunluğu ve genişliğine uygun olarak daire testere makinasında kesilerek hazırlanmıştır. Her bir gruptan çekme testi (ASTM D 638), eğilme testi (ASTM D 790) ve şok testi (ASTM D 256) için en az on örnek hazırlanmıştır. Hazırlanan örnek gruplarında bulunan deney örneklerinin kalınlık ve genişlikleri kaydedilmiştir. Örnekler en az 60 saat iklimlendirme dolabında bekletilmiştir. İklimlendirme dolabı ASTM D-618 standardına uygun olarak %60±5 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklık şartlarında sabitleştirildi.

Tablo 1. Deneysel Çalışmalarda Üretilen Kompozitlerin İçerikleri Verilmiştir.

Kodu	% MDF	% AYPE	% MAPE	% Borik Asit	% Boraks	% Çinko Boraks
Kontrol(L1)	40	59				
L2	40	56	3			
L3	40	47		12		
L4	40	47			12	
L5	40	47				12
L6	40	44	3			12

2.2.3. Sertlik Testi

Yapılan çalışmada elde edilen kompozit levhaların shore cihazında sertlik değerleri belirlenmiştir. Her bir örnek grubu için 10 örnek test edilmiştir.

2.2.4. Kompozitlerin Su Alma Testi

Su absorpsiyon özelliklerinin araştırılması 13×25×5 mm ebatlarında örnekler kullanılmıştır. Örnekler kurutma fırınında 103±2 °C'de kurutulmuştur ve ağırlıkları alınmıştır. Her bir örnek 24 saatte bir olmak üzere 5 gün süreyle ağırlıkları ölçülmüştür. Ölçümler sonunda malzemenin su alma miktarları belirlenmiştir. Her bir deney örneğinden en az 5 örnek ölçülmüştür. Bu örneklerin rutubet miktarı (M) yüzde olarak formül 1'e göre hesaplanmıştır.

$$M: \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

Burada;

M : Su Alma Miktarı (%)

m₀ : Örneğin tam kuru ağırlığı (g),

m₁ : Örneğin suda bekletildikten sonraki ağırlığı (g)'dir.

2.2.5. Üretilen Kompozitlerin TGA Analizi

Bu aşamada kompozit levhalardan alınan örnekler kullanılmıştır. TGA testleri öncesinde hazırlanan numuneler IKA marka öğütücüde 1 mm boyutuna kadar

öğütülmüştür. Termogravimetrik analizinde “Shimadzu TGA-50” cihazı kullanılmıştır. Azot akış hızı 100 ml/dk ve ısıtma hızı 10 °C/dk seçilerek malzemenin 800 °C’ye kadar ısıya karşı davranışı ölçülerek kaydedilmiştir.

2.2.6. Kompozitlerin Yanmazlık Testi

Testi Yanma testi için her bir örnek grubundan ASTM D 635 standardında belirtilen standarda uygun olarak 7 örnek hazırlanmıştır. Hazırlanan bu örnekler yanma kabiniinde yatay konumda ateşe göre 45 derecelik açıyla yakılarak yanma süreleri kaydedilmiştir.

2.2.7. Limit Oksijen İndeks (LOI) Testi

Hazırlanan kompozit levhalardan her bir örnek grubunun yanması için ortamda bulunması gereken % oksijen miktarı belirlenmiştir. Yapına çalışmalar ASTM D 2863 standardına uygun olarak normal yanma gaz akışı uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Kompozitlerin Mekanik Test Sonuçları

Tablo 2’den anlaşıldığı üzere içerisine %12 borik asit, boraks ve çinko boraks eklenen kompozit levhaların

eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, şok testi değerleri ve standart sapması değerleri verilmiştir. Tablo 2’de anlaşıldığı üzere farklı bor bileşikleri eklenerek hazırlanan kompozit levha için çekme direnci sonuçları ve çekmede elastikiyet modülü sonuçları kıyaslanmıştır ve en iyi sonuç %12 boraks eklenen örnek grubu elde edilmiştir. Çekme ve çekmede elastikiyet modülü değerleri kıyaslandığında benzer sonuçlar elde edilmiş ancak en iyi sonuç borik asit eklenen örnekler olarak olduğu anlaşılmaktadır. Elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde en iyi sonucu boraks eklenen örnek sonucundan elde edildiği anlaşılmaktadır. Şok direnci sonuçları incelendiğinde çinko boraks eklenen örnek grubunun en iyi olduğu anlaşılmaktadır. Verilen sonuçlardan bor bileşiklerin kompozit yapıya girmesi mekanik özelliği genelde düşürdüğü anlaşılmaktadır. Yapılan bir çalışmada farklı oranlarda bor bileşikleri eklendiğinde mekanik özelliklerin genelde düştüğü anlaşılmaktadır[6]. Ancak eğilmede elastikiyet modülünü artırdığı anlaşılmaktadır[7,8].

Tablo 2. AYPE Takviyeli ve Farklı Oranlarda Bor Bileşikleri Eklenen Örneklerin Mekanik Test Sonuçları

	Çekme Direnci (MPa)	Çekmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Şok Direnci (J/m)	Shore D
Kontrol (L1)	5,55* 0,44**	237,40 21,95	13,84 0,53	881,02 41,75	3,63 0,47	62,05 0,79
L2	10,02 1,29	295,46 17,88	18,88 1,45	767,63 69,15	4,97 0,32	63,38 1,17
L3	5,20 0,27	279,29 11,82	12,17 0,85	809,89 35,62	3,33 0,26	62,64 1,02
L4	5,46 0,27	279,02 11,28	11,90 0,57	942,94 50,83	2,71 0,17	61,90 1,38
L5	5,38 0,29	307,57 40,61	11,56 0,58	929,79 35,16	2,59 0,31	63,72 1,40
L6	8,48 0,86	384,16 28,01	20,54 1,95	1008,44 39,77	3,57 0,24	66,88 1,43

*Ortalama Değer, **Standart Sapma

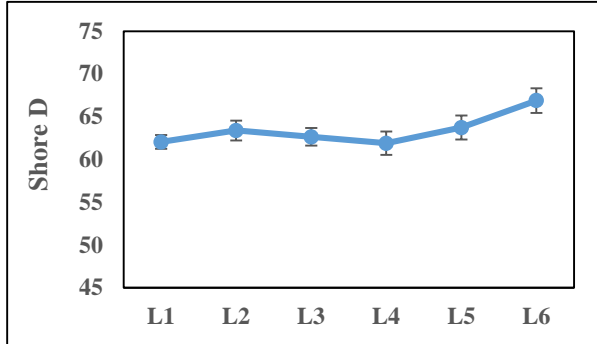
Kompozit malzeme içerisine lif plastik arasındaki uyumsuzluğu gidermek için MAPE eklene iki örnek grubunun sunucuda Tablo 2’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde MAPE’nin kompozit malzeme için olumlu sonuç verdiği anlaşılmaktadır. Örnek gruplarında sadece MAPE bağlayıcı maddesinin kullanıldığı ve MAPE ve çinko boratın birlikte kullanıldığı 2 grup seçilmiştir. Çinko boratın seçilme nedeni yanma testinde en iyi sonucu vermesindedir. Elde edilen eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü test sonuçlarında sadece MAPE kullanılan kompozit malzeme sonuçlarının en iyisi

olduğu anlaşılmaktadır. Ancak Çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülü değerlerinin sonuçları incelendiğinde en iyi sonucun MAPE ve %12 çinko borat eklenen örneklerden elde edildiği anlaşılmaktadır. Şok direnci değerleri incelendiğinde MAPE’nin şok direncine olumlu etki yaptığı anlaşılmaktadır.

3.2. Sertlik Test Sonuçları

Yapılan çalışmada elde edilen kompozit levhaların sertlik değerleri belirlenmiştir ve Tablo 2’de verilmiştir. Sonuçlar şekil 1’de Shore D olarak verilen birbirleri

kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kompozit malzeme içerisine eklenen bor bileşiklerinin malzemenin sertliğinin artmasını sağladığı anlaşılmaktadır. Ayrıca

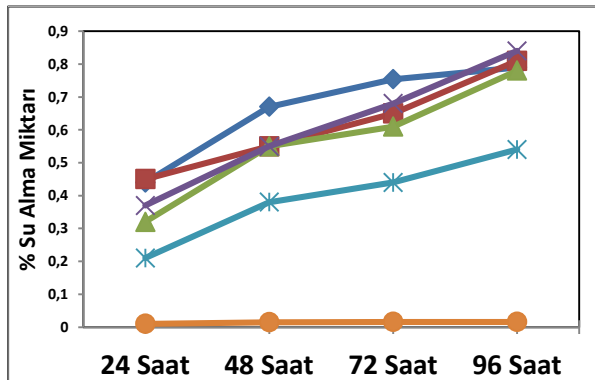


Bağlayıcı eklene L1 ve L6 örnekleri kıyaslandığında kompozitin sertliğinin artmasına katkı sağladığı

Sekil 1. Kompozitlerin Sertlik Değerlerinin Grafiği

3.3. Su Alma Test Sonuçları

Şekil 2'den anlaşıldığı gibi AYPE takviyeli içerisine lif ve bor bileşikleri eklenen kompozit levhalardan hazırlanan örnek gruplarının su alma miktarları % olarak verilmiştir. Yapılan çalışma 96 saat içerisinde 4 ölçüm yapılarak tamamlanmıştır.



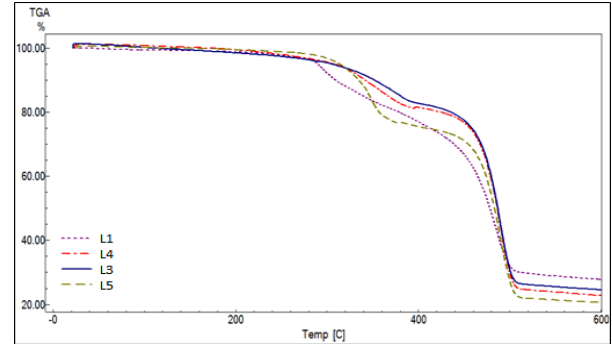
Sekil 2. Kompozitlerin Su Alma Yüzdeleri

Şekilde verilen grafikten anlaşıldığına göre AYPE içerisine eklenen bor bileşikleri malzeme üzerinde olumsuz bir etki göstermemiştir. Ancak %3 MAPE'nin eklenmesi ile elde edilen grubunun daha az su absorbe ettiği görülmektedir. Bunun nedeni MDF tozu içerisinde bulunan liflerin yapısındaki serbest -OH gruplarının ve AYPE plastik malzeme lifleri daha fazla ıslatma özelliği göstermesindedir.

3.4. TGA Analiz Bulguları

Yapılan çalışmada kompozit levhalardan alınan örnekler kullanılmıştır. TGA analizi yapılmış ve sonuçlar şekil 3'de verilmiştir. Azot akış hızı 100 ml/dk ve ısıtma hızı 10 °C/dk seçilerek malzemenin 600 °C'ye kadar ısıya karşı davranışı ölçülerek kaydedilmiştir. Elde

anlaşılmaktadır. Bunu yanı sıra yalnızca MAPE eklene



L1 ve MAPE ve %12 çinko borat eklenen L6 örnekleri kıyaslandığında ise hem bağlayıcının hemde eklene çinko boratın sertliğin artmasında katkı sağladığı da anlaşılmaktadır.

edilen sonuçlara göre bor eklenmeyen kompozitin(288 °C) eklenen kompozitlere göre(308 °C) daha erken ağırlık kaybına uğradığı anlaşılmaktadır. Ayrıca bor bileşikleri eklenen kompozitleri kendi aralarında kıyaslarımızda çinko borat eklenen kompozitlerin bozunması(319 °C) de başladığı anlaşılmaktadır.

Şekil 3. Bor Eklenen Kompozitlerin TGA eğrileri

Verilen sonuçlara göre bor bileşiklerinin malzemenin bozunması bozunmasını geciktirdiği anlaşılmaktadır. yapılan başka bir çalışmada eklenen borik asit ve boraks bileşiklerin kompozitlerin bozunma sıcaklıklarını geliştirdiği anlaşılmıştır[9].

Yanma Testi ve LOI Test Sonuçları

Tablo 3'de kompozit malzemenin yanma test sonuçları ve Limit oksijen indeksi (LOI) test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3. LDPE Takviyeli Kompozitlerin Yanma Testi ve LOI Sonuçları

	Yanma Testi (mm/dk)	LOI (% Oksijen)
Kontrol (L1)	25,77* 1,72**	%20***
L2	26,32 2,37	%21
L3	25,74 0,90	%21
L4	22,96 1,29	%21
L5	21,22 0,69	%21
L6	30,33 1,27	%21

* ortalama değer. ** Standart sapma. *** Limit oksijen indeksi ortalama değeri

Tablo 3’de verilen yanma testi sonuçları incelendiğinde %12 borik asit, boraks ve çinko boraks eklenen örnek grupları bor eklenmeyen örnek grubu ile kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde en iyi sonuç %12 çinko boraks eklenen kompozit malzemeden elde edildiği anlaşılmıştır. Tablo 3’de verilen kompozitlerin LOI sonuçları incelendiğinde kompozit malzemenin yanması için oksijen ihtiyacı eklenmeyen malzemeye göre çok farklılık arz etmediği anlaşılmaktadır. Ayrıca MAPE eklene kompozit malzemelerin yanma sonuçları incelendiğinde yanma hızının arttığı anlaşılmaktadır. Bunu nedeni ise dokunun sıklaştığı ve ısının daha hızlı bir şekilde yayıldığıdır. Bor bileşiklerinin eklendiği başka bir çalışmada daha yüksek oranlarda Bor bileşikleri kullanıldığında limit oksijen indeks değerlerini olumlu etkilediği anlaşılmaktadır [7].

4. Sonuçlar

Bu çalışmada mobilya atölyesi atıkları(karışık MDF tozu ve talaş atıkları) kullanılarak termoplastik esaslı kompozitler üretilmiştir. Bor malzemenin tutuşmayı geciktirdiği anlaşılmaktadır. Mekanik sonuçlar incelendiğinde bor bileşiklerin olumsuz etkisinin olduğu anlaşılmaktadır ancak bağlayıcı eklenerek bu uyumsuzluğun giderilebileceği anlaşılmaktadır. Bor bileşiklerinin ve MAPE bağlayıcı maddeler malzemenin sertliğinin artmasına katkı sağladığı anlaşılmaktadır. Yanma test sonuçlarına göre bor bileşiklerinin yanmayı geciktirici atkıya sahip olduğu ancak bağlayıcı ile kullanıldığında etkisinin azaldığı anlaşılmaktadır.

Elde edilen sonuçlar ışığında farklı oranlarda yeni çalışmaların yapılabileceği anlaşılmaktadır. Ayrıca yaşam ortamlarında kullanılan odun plastik kompozitlerin üretiminde yangına karşı direncin artırılmasında bor bileşiklerin kullanılabilmesi anlaşılmaktadır.

5. Kaynaklar

[1]. Clemons C, (2002). ‘Wood-plastic composites in the United States - The interfacing of two industries’. Forest Products Journal 52, 10-8.

[2]. Hilado C, (1983). ‘Flammability Handbook for Plastics’ - 3rd Edition. Plastics Design & Processing23, 13.

[3]. Altuntaş, E., (2012). Pulperden Ayrılan Doğal ve Sentetik Atıklardan Yeni Nesil Kompozit Malzemelerin Karakterizasyonu, Doktora Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.

[4]. Li, Q., Matuana, L. M. (2003). Effectiveness Of Maleated And Acrylic Acid- Functionalized Polyolefin Coupling Agents For Yype-Wood Flour Composites. J. Thermoplast. Compos., 16: 551-564.

[5]. Anonim (2011). Orta Anadolu ihracatçı birlikleri, Levha sanayi raporu, Ankara

[6]. Ayrılmış N., Akbulut T., Dündar T., White R.H., Mengeloğlu F. , Büyüksarı Ü., Candan Z., Avcı E.,(2012). "Effect Of Boron And Phosphate Compounds On Physical, Mechanical, And Fire Properties Of Wood-Polypropylene Composites", CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS, vol.33, pp.63-69.

[7]. İbikcan E, Kaynak C, (2014). Usability of three boron compounds for enhancement of flame retardancy in polyethylene-based cable insulation materials. Journal of Fire Sciences 32, 99-120.

[8]. Sofina-E-Arab, Islam MA, (2015). ‘Production of mahogany sawdust reinforced LDPE wood-plastic composites using statistical response surface methodology’. Journal of Forestry Research 26, 487-94.

[9]. Cavdar AD, Mengelolu F, Karakus K, (2015). 'Effect of boric acid and borax on mechanical, fire and thermal properties of wood flour filled high density polyethylene composites'. Measurement 60, 6-12.