

## Orta Yoğunluklu Lif Levhanın (MDF) YüzeY Pürüzlülüğü Üzerine Isıl İşlemin Etkisi

Ferhat ÖZDEMİR\*

Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü,  
Kahramanmaraş, Türkiye.

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı orta yoğunluklu levhanın (MDF) yüzeY pürüzlülüğü üzerine ısıl işlemin etkisini araştırmaktır. Ticari olarak üretilen MDF levhalar 170 °C 190 °C ve 210 °C de kurutma fırınında ısıl işlem uygulanmıştır. Isıl işlemin her bir sıcaklık parametresi için 15, 30 ve 45 dakika belirlenmiştir. Levhaların yüzeY pürüzlülüğü testleri ISO 4287' ye göre ölçülmüştür. Test örneklerinin ortalama pürüzlülük ( $R_a$ ), on nokta pürüzlülük ortalama değeri ( $R_z$ ) ve en büyük pürüzlülük değeri ( $R_{max}$ ) Marsurf M300 cihazı ile iğne taramalı yöntem ile ölçülmüştür. Sıcaklık ve sürenin artması ile MDF levhalarının yüzeY pürüzlülüğünün iyileştiği tespit edilmiştir. 210 °C ve 45 dakika ısıl işlem görmüş levhalar  $R_a$  3.28,  $R_z$  21.20 ve  $R_{max}$  25.69  $\mu m$  değerleri ile en pürüzsüz yüzeye sahip oldukları saptandı. Sonuçlar, sıcaklığın ve sürenin artması ile MDF levhaların yüzeY pürüzlülüğünün olumlu etkilendiğini ortaya çıkarmıştır.

**Anahtar kelimeler:** *YüzeY pürüzlülüğü, Isıl işlem, MDF*

### Effects of the Heat Treatment on Surface Roughness of Medium Density Fiberboard

**ABSTRACT:** The objective of this study was to investigate the effects of heat treatment on the surface roughness of medium density fiberboard panels. Commercially manufactured MDF panels were applied with heat treatment at 170, 190, and 210 °C with 15, 30 and 45 minute in the oven, respectively. The surface roughness of the panels was measured in accordance with ISO 4287. The average roughness ( $R_a$ ), ten point average roughness value ( $R_z$ ) and maximum surface roughness ( $R_{max}$ ) were measured by using Marsurf M300 test device with the stylus method. MDF boards with increasing temperature and time have been found to improve the surface roughness. Samples applied heat treatment with 45 min at 210 °C had the smoothest surface with  $R_a$  3.28,  $R_z$  21.20 ve  $R_{max}$  25.69  $\mu m$ , respectively. Results revealed that the surface quality of the MDF panels improved with increasing heat treatment and duration

**Keywords:** *Surface roughness, Heat treatment, MDF*

## 1. GİRİŞ

Günümüzde en hızlı büyüyen ahşap esaslı kompozit panel üretimi orta yoğunluklu lif levhadır (MDF). MDF' nin tercih edilme nedenleri fiziksel özelliklerinin ve mekanik direnç değerlerinin iyi olması, masif ağaç malzeme gibi işlenebilmesi, homojen yapıda olması, teknolojik özelliklerinin anizotrop yapıdaki oduna oranla üç yönde daha düzenli olması, direnç özelliklerinin iyileştirilebilir ve yüzeY özelliklerinin düzgün olmasıdır. Bu sebeple mobilya endüstrisi başta olmak üzere birçok kullanım alanında tercih edilmektedir [1]. Ancak kolay yanabilmesi ve tutuşabilmesi [2,3] mantar, bakteri ve böcek gibi zararlıların bozunduruca etkisine maruz kalması, higroskopik özellik göstermesi gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajları avantaja dönüştürmek ve bazı özelliklerini de geliştirmek için lif levhaları bazı işlemlerden geçirmek gereklidir. Lif levhaların boyutsal stabilitesini ve dayanıklılığını iyileştirmek için ısıl işlem uygulaması yapılmaktadır.

Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle

sonuçlanan fizikselbir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150 oC' nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir. Son yıllarda Avrupa'da çeşitli araştırma grupları yalnız ısı, sıcak yağ, higrotermal (buhar, nem ve ısınmın aynı anda etki ettiği koşul) ve hidrotermal (sıcak su ile elde edilen ısı enerjisinin kullanımı) esaslı ısıl işlem metotları geliştirmişlerdir. Bu metotların arasındaki ana farklar ağaç türü, yaş veya kuru olması, rutubet içeriğine göre değişmektedir. Ayrıca bir veya iki işlem safhası, ıslak ve kuru işlem, ısıtma ortamı, koruyucu gaz olarak nitrojen kullanımı, ısıtma ve soğutma safhaları ve uygulama süresi gibi uygulanan işlem şartlarına ve ısıl işlem kazanı ve fırını gibi ısıl işlem uygulaması için gerekli ekipmanlara bağlı olarak da değişmektedir [4].

Ahşap ve ahşap esaslı levhalar üç ana amaç için ısıl işleme tabi tutulmaktadır. Bunlardan birincisi, odunun rutubet alıp vermesini azaltmak, yani oduna boyut stabilizasyonu kazandırmak, ikinci olarak tahrir edici organizmalara karşı odunun biyolojik direncini arttırmak, üçüncü olarak ise ısıl işlemlerle odunda denge rutubet miktarını düşürmek, permeabiliteyi arttırmak,

\*Sorumlu Yazar: Ferhat ÖZDEMİR [ferhatozd@hotmail.com](mailto:ferhatozd@hotmail.com)

emprenye maddelerinin ve boyama-vernikleme gibi üst yüzey işlemlerinin performansını yükseltmektir [5].

Ahşap esaslı levhalara uygulanan ısı muamelesi yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda odunun ısı ile muamelesinin pürüzlülük miktarını azaltarak yüzey kalitesinde iyileşmeye sebep olduğu bildirilmiştir [6,7]. Ayrıca masif odunda da Korkut ve ark. [8] ısı işlemin birçok kullanım amacı için çok önemli olduğunu ve planyalama işleminde kayıpları azaltarak yüksek kaliteli yüzeyler sağladığını belirtmiştir. Isıl işlem uygulamasında sıcak pres kullanımı ile termal olarak muamele edilmiş odunun yüzey pürüzlülüğünün artan pres basıncı ve azalan pres sıcaklığı ile azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum uygulanan pres sıcaklığı ve basıncının bir sonucu olarak, odun yapısındaki lignin bileşeninin termoplastik bir dönüşüme uğrayarak yüzey tabakasının yoğunluğunun artmasına yol açmasından kaynaklandığı belirtilmiştir [9].

Yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi mobilya ve dekorasyon endüstrisinde, ürün kalitesine doğrudan etkisi sebebiyle her geçen gün önem kazanmaktadır. Ahşap mobilya endüstrisinde odunun çeşitli alet ve makinelerle işlenmesindeki yöntem farklılıklarının bir sonucu olarak geniş bir aralıkta ortaya çıkan yüzey düzensizliklerinin ölçülebilir ve kontrol edilebilir olması özellikle çok önemlidir [10]. Çünkü yüzeyin düzgün olması mobilyaları son ürün halinde korumak, güzelleştirmek ve ekonomik değerini arttırmak için yapılan çeşitli üst yüzey işlemlerinin başarılı bir şekilde uygulanmasında en önemli etkenlerden birisi olmaktadır [11].

Bu çalışmanın amacı MDF levhalara farklı sıcaklık ve süreler ile ısı işlem uygulamak ve ısı işlemi yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini araştırmaktır.

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada ısı işlem yapmak için ticari olarak üretilen 18 mm kalınlığında ve  $0,79 \text{ g/cm}^3$  yoğunluğundaki  $500 \times 500$  mm boyutlarındaki ham MDF levhalar piyasadan temin edilmiştir.

## 2.2. Metot

### 2.2.1. MDF Levhalara Isıl İşlem

#### Uygulaması

Yoğunluğu  $0,79 \text{ g/cm}^3$  olan  $50 \times 50 \times 18$  mm kalınlığında ki MDF levhalara Nüve oven KD 400 tipi kurutma fırınında Tablo 1'de verilen parametrelere uygun olarak ısı işlem uygulanmıştır.

Tablo 1. Deney parametreleri

Levha Türü	Süre (dk)	Sıcaklık (°C)		
		170	190	210
MDF		0	0	0
		15	15	15
		30	30	30
		45	45	45

### 2.2.2. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü

Test örnekleri  $10 \times 10 \times 18$  mm boyutlarında kesilmiş, 2 hafta süre ile  $65 \pm 5\%$  bağıl nem ve  $20 \pm 2$  °C sıcaklıkta %12 rutubet derecesine kadar klimatize edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü, cihazın tarama iğnesinin  $5 \mu\text{m}$  çaplı elmas ucunu örnek yüzeyinde aşağı-yukarı hareket ettirirken yüzeyde bulunan girinti ve çıkıntıların profili çıkartılmak suretiyle ölçülmektedir. Testler Şekil 1' de verilen KSU Orman Fakültesinde Marsurf M300 iğne taramalı portatif yüzey ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Test örneklerinin yüzey pürüzlülüğü özelliklerini belirlemek için ISO 4287 standardına [12] uygun şekilde ölçümler yapılmıştır. Profil girintileri ile çıkıntıları arasında bulunan merkez çizgisi ortalama pürüzlülük değerleri ( $R_a$ ), on nokta pürüzlülüğü ortalama değeri ( $R_z$ ) ve en büyük pürüzlülük değeri ( $R_{\text{max}}$ ) değerleri ölçülmüştür. Ölçümler oda sıcaklığında, ölçme hızı  $0,5 \text{ mm/sn}$ , tarama uzunluğu  $12,5 \text{ mm}$ . ve sınır dalga boyu,  $\lambda_c = 2,5 \text{ mm}$  olacak şekilde yapılmıştır. Her bir parametredeki bir deney levhası için 4 ölçüm yapılmış ve 8 levha tekrarlı olmak üzere toplam 32 ölçüm yapılmıştır. Her 100 ölçümde cihaz tekrar kalibre edilmiştir.

İstatistik analiz olarak MANOVA çoklu varyans analizi yapılmış, test örnekleri arasındaki farkın  $p \leq 0,05$  önemli olması durumunda ise Duncan çoklu ayırım testleri yapılmıştır



Şekil 1. Marsurf M300 yüzey pürüzlülük cihazı ve MDF test örnekleri

Tablo 2. MDF levhaların farklı sıcaklık ve sürelerdeki yüzey pürüzlülüğü ölçüm değerleri

\* x : Aritmetik ortalama, s: standart sapma

Levha Türü	Süre (dk)		170 °C			190 °C			210 °C		
			R <sub>a</sub>	R <sub>z</sub>	R <sub>max</sub>	R <sub>a</sub>	R <sub>z</sub>	R <sub>max</sub>	R <sub>a</sub>	R <sub>z</sub>	R <sub>max</sub>
MDF	0	X	3.78	24.33	32.08	3.78	24.33	32.08	3.78	24.33	32.08
		S	0.37	0.73	2.74	0.37	0.73	2.74	0.37	0.73	2.74
	15	X	3.71	23.51	29.85	3.62	23.11	29.15	3.54	22.65	28.80
		S	0.65	2.24	3.85	0.28	2.13	3.83	0.69	4.28	4.17
	30	X	3.60	22.25	28.45	3.51	22.09	28.03	3.39	21.80	27.20
		S	0.26	1.98	2.69	0.62	1.99	4.48	0.44	2.63	3.76
	45	X	3.44	21.80	27.71	3.36	21.67	26.45	3.28	21.20	25.69
		S	0.47	2.11	3.93	0.59	2.13	4.13	0.35	2.18	2.69

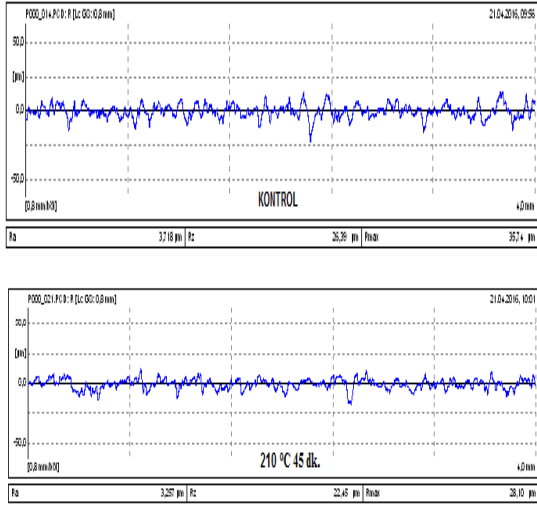
### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 4. Yüzey pürüzlülük ölçüm değerlerine ait bulgular

Tablo 2’de 18 mm kalınlığında MDF deneme levhalarının farklı sıcaklıklarda ve farklı sürelerdeki uygulanan ısı muamelesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülüğü ölçüm değerleri gösterilmektedir.

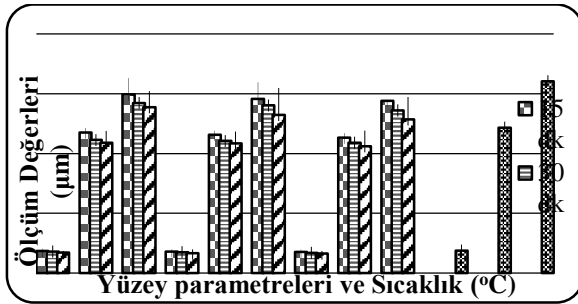
Tablo 2’de görüldüğü üzere kontrol örneğine kıyasla tüm parametreler de ısı muamelesi ve sürenin artışına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü olumlu etkilenmiştir. Kontrol örneklerinde R<sub>a</sub> 3.78 µm R<sub>z</sub> 24.33 µm R<sub>max</sub> 32.08 µm bulunmuştur. En iyi sonuçlar 210 °C ve 45 dakika ısı muamelesi yapılan MDF levhalarda R<sub>a</sub> 3.28 µm R<sub>z</sub> 21.20 µm R<sub>max</sub> 25.69 µm elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde ısı muamelesi ve sürenin artmasına bağlı olarak iyileşme olduğu belirlenmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (R<sub>a</sub>) sırasıyla 210 °C 15 dk %6.35, 30 dk %10.32 ve 45 dk %13.23 kontrol örneğine kıyasla geliştiği bulunmuştur. R<sub>z</sub> değerleri 210 °C 15 dk %6.91, 30 dk %10.40 ve 45 dk %12.86 iyileşme gösterirken R<sub>max</sub> değerleri de kontrol örneğine kıyasla 210 °C 15 dk %10.22, 30 dk %15.21 ve 45 dk %19.92 yüzey pürüzlülük özelliğini geliştirdiği bulunmuştur. 170 ve 190 °C de R<sub>a</sub>, R<sub>z</sub> ve R<sub>max</sub> değerleri kontrol örneğine göre artan ısı işlem süresine bağlı 15 ve 30 dakikaya nazaran 45 dakikada daha etkili olmuştur. Sonuçta tüm

yüzey pürüzlülüğü parametreleri ısı muamelesi ile geliştiği ve süreye bağlı olarak da gelişmenin arttığı tespit edilmiştir. Ama en etkili sonuçlar 210 °C ve 45 dakika süre ile işlem gören deneme levhalarında elde edilmiştir. Elde edilen R<sub>a</sub>, R<sub>z</sub> ve R<sub>max</sub> değerleri önceki çalışmalar ile uyumlu olmuştur. Ayrılmış ve Winandy (2009) yapmış oldukları çalışmada MDF levhaya 225 °C de 30 dakika süreyle ısı muamelesi uygulamış ve %37 yüzey pürüzlülüğünde iyileşme olduğunu tespit etmişlerdir [7]. Ayrıca Korkut, Gündüz, Ünsal ile Aydın ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur [9,13,14,15]. Lignin 160 °C üzerindeki sıcaklıklarda durumlarda termoplastik özellik kazanmaya başlaması ile yüzeyde camsı bir tabaka oluşturarak yüzey yoğunluğunu artırıcı bir etki yapmakta, bu da yüzey pürüzlülüğünü olumlu etkilemektedir. Sonuçta yüzey yoğunluğu yüzey pürüzlülüğünü azaltıcı etkiye neden olur [16]. MDF levhalara ait kontrol ve 210 °C’ de 45 dk ısı işlemi tabii tutulmuş test örneklerinin yüzey pürüzlülük profilleri Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Kontrol ve 210 °C - 45 dk ısı uygulanmış MDF test örnekleri yüzey pürüzlülük profilleri

Isıl işlem uygulaması odun malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bazılarını kalıcı olarak değiştirebilir. Bunun sebebi uygulanan ısı işlemin selüloz ve hemiselülozun temel yapısını bozmaktan kaynaklanmaktadır. Çünkü hemiselülozun yapısında bulunan OH grupları odunun fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Isıl işleme tabi tutulan odunda OH gruplarının azalması ile odunun su alma ve kalınlığına şişme özellikleri azalır. Dolayısı ile ısı işlem odun ve odun esaslı levhaların higroskopisitesini azaltır ve ayrıca boyutsal stabilizasyonunu geliştirir.



Şekil 3. MDF levhaların sıcaklık ve süreye bağlı olarak yüzey pürüzlülük parametreleri

Isı uygulamasının 150 °C ulaşması durumunda selüloz ve hemiselülozdaki değişimin başlamasına paralel olarak ısının artması ile hızlanarak yapıdaki bu bozulma devam eder. Şekil 3'te sıcaklık ve süreye bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen değişimler gösterilmektedir. Yüzey pürüzlülüğü üzerine birçok faktör etkili olmaktadır. Bunlar arasında yıllık halka yapısı, genç odun, olgun odun, yoğunluk, hücre yapısı vb. gibi birçok faktör sayılabilir [17]. Yüzey pürüzlülüğü ahşap ve ahşap esaslı levhalarda zımparalama ve planya makinesindeki kayıp oranını azaltmanın yanı sıra iyi bir yapışma yüzeyi elde etmek için de önem arz etmektedir.

Uygulanan sıcaklık 160 °C'nin üzerinde iken odunun yüzeyinde lignin plastikleşmeye başlar ve yüzey pürüzlülüğünün gelişmesine neden olur [18,19]. Aksi takdirde odun ve levhanın yüzey pürüzlülüğünü geliştirebilmek için zımparalamak gerekli olacaktır. Bu işlem malzemenin kalınlığının azalmasına ve hammadde kaybına neden olacaktır. Isıl işlem yüzey pürüzlülüğünün önemli olduğu ahşap için özellikle de dış mekân mobilyalarında, su ile teması kaçınılmaz olan sauna, oyun parkları, pencere pervazı vb. gibi kullanım yerlerinde, ahşap esaslı levhalar için de özellikle iç mekan mobilyalarında önemli olmakta ve bu nedenle de bu işlemi uygulamak gereklilik göstermektedir. %95 güven düzeyinde yapılan multivariate çoklu varyans analizi ile  $P=0,95$  olarak hesaplanmıştır.  $P>0,05$  olduğu için sıcaklık ve sürenin yüzey pürüzlülüğü üzerine istatistiksel olarak önemli etkisinin olmadığı bulunmuştur.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada MDF levhalara farklı sıcaklıklarda farklı süreler ile ısı işlem uygulanmış ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre;

1. MDF levhaların yüzey pürüzlülüğü üzerine sıcaklığın etkili olduğu ve sıcaklık artışı ile bu etkinin geliştiği belirlenmiştir. 170 °C ve 190 °C'ye kıyasla 210 °C' de en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir.
2. Isı uygulama süresinin MDF levhanın yüzey pürüzlülüğü üzerine olumlu etki yaptığı belirlenmiştir. Uygulanan her ısı parametresi için 15 ve 30 dakikaya kıyasla MDF levhaların 45 dakika ısı muamelesine tabi tutulması yüzey pürüzlülüğü için daha olumlu etkiye sahip olmuştur.
3. MDF levhalara uygulanan sıcaklığın ve sürenin yüzey pürüzlülüğü üzerine ayrı ayrı etkisi olmasına rağmen istatistik açıdan sıcaklık-süre ilişkisinin yüzey pürüzlülüğü üzerine önemli bir etkisinin olmadığı bulunmuştur.

## 6. KAYNAKLAR

- [1]. Ayrılmış. N. (2000). "Ağaç Türünün MDF Üzerine Etkisi". Yüksek Lisans Tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2]. Özkaya. K., İlce. C.A., Burdurlu. E., Aslan. S. (2007). "The Effect of Potassium Carbonate, Borax and Wolmanit on the Burning Characteristics of Oriented Strandboard (OSB)", Construction and Building Materials. 1457-1462.
- [3]. Yıldız. S. (2002). "Physical, mechanical, technological, and chemical properties of Fagus orientalis and Picea orientalis wood treated by heating", PhD thesis, Blacksea Technical University, Trabzon, Turkey, p 245.

- [4]. Boonstra, M. J. (2008). "A two-stage thermal modification of wood. Ph.D. dissertation in cosupervision Ghent University and Universite Henry Poincare – Nancy", 1. 297 p. ISBN 978-90-5989-210-1.
- [5]. Yildiz, S., (2002). "Physical, mechanical, technological and chemical properties of beech and spruce wood treated by heating", Ph.D. Thesis, Black Sea Technical University, Trabzon, Turkey.
- [6]. Ünsal. Ö.. Ayrılmış. N.. (2005). "Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood", *Journal of Wood Science*. 51, 405–409.
- [7]. Ayrılmış, N., Winandy, J. E., (2009). "Effects of post heat-treatments on surface characteristics and adhesive bonding performance of medium density fiberboard", *Materials and Manufacturing Processes*, 24, 594–599.
- [8]. Korkut. S.. Alma. M.H.. Elyıldırım. Y.K.. (2009). "The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) wood", *African Journal of Biotechnology*. 8(20), 5316-5327.
- [9]. Ünsal. Ö.. Candan. Z.. Korkut. S.. (2011). "Wettability and roughness characteristics of modified wood boards using a hot-press", *Industrial Crops and Products*. 34, 1455- 1457.
- [10]. Efe. H.. Gürleyen. L.. Budakçı. M.. (2007). "Akasya odununda kesiş yönü ve kesici sayısının yüzey pürüzlülüğü ve yapışma direncine etkisi", *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 7(1), 13-32.
- [11]. Richter. K.. Feist. W.C.. Knaebe. M.T.. (1995). "The Effect of surface roughness on the performance of finishes", *Forest Products Journal*, 45(7), 91-97.
- [12]. ISO 4287 (1997). "Geometrical Product Specifications Surface Texture Profile Method Terms. Definitions and Surface Texture Parameters", International Standart Organization.
- [13]. Korkut, D.S., Korkut, S., Bekar, İ., Budakçı, M., Dilik, T. ve Çakıcıer, N., (2008). "The Effects of Heat Treatment on the Physical Properties and Surface Roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) Wood", *Int. J. Mol. Sci.*, 9(9), 1772-1783.
- [14]. Gunduz, G., Korkut, S., Korkut, D.S., (2008). "The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of Camiyani Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) wood", *Bioresource Technology*, 99, 2275–2280.
- [15]. Aydın, İ., Colakoglu, G., (2002). "The effects of veneer drying temperature on wettability, Surface roughness and some properties of plywood", 6th European Panel Products Symposium. In Proceedings of the Sixth European Panel Products Symposium, North Wales Conference Centre, Llandudno, October 9–11, North Wales, UK, 60–69.
- [16]. Nemli, G., Aydın, I., Zekoviç, E. (2007). "Evaluation of some of the properties of particleboard as function of manufacturing parameters", *Materials and Design* 28 (4), 1169-1176.
- [17]. Dündar, T., As, N., Korkut, S., Unsal, Ö., (2008). "The effect of boiling time on the surface roughness of rotary-cut veneers from oriental beech (*Fagus orientalis* L.)", *J. Mater. Process. Tech.*, 199, 119-123.
- [18]. Follrich, J., Muller, U., Gindl, W., (2006). "Effects of thermal modification on the adhesion between spruce. wood (*Picea abies* Karst.) and a thermoplastic polymer", *Holz Roh-Werkst*, 64, 373–376.
- [19]. Ayrılmış N, Winandy JE (2009) Effects of post heat-treatment on surface characteristics and adhesive bonding performance of medium density fiberboard. *Mater Manuf Process*, 24, 594–599.