

Yongalevha Üretiminde Kalıp Ayırıcı Kimyasal Kullanımının Levhanın Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

The Effect of The Using Mold Release Agent on Some Physical And Mechanical Properties of The Board in Particleboard Production

 Halil İbrahim ŞAHİN¹,  Ali Furkan DURAN¹

Özet

Bu çalışmada günümüzde levha üretimlerinde kullanılan kalıp ayırıcı kimyasal (KAK) yongalevha üretiminde çeşitli miktarlarda kullanılarak, üretim parametrelerine, levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla yongalevha üretiminde sırasıyla alt ve üst tabakalara 0, 5, 10, 15, 20, 25 gr/m² olacak şekilde KAK kullanılmıştır. Fiziksel özelliklerinden; yoğunluk, rutubet, su alma oranı (SAO), kalınlık artım oranı (KAO) ve yüzey absorpsiyon (YA) testleri mekanik özelliklerden; eğilme direnci (ED), eğilmede elastikiyet modülü (EM), yüzeye dik çekme direnci (YDÇD), vida tutma direnci (VTD) ve yüzey sağlamlığı direnci (YS) belirlenmiştir. KAK miktarının pres üretim hızına etkisi değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, KAK katılımı ile levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde olumsuz bir etki gözlenmemiştir. Aynı zamanda üretime hızlanabilme kabiliyeti sağlayarak yongalevha üretim kapasitesinde önemli bir artış sağlanmış ve levha üretim bandında oluşabilecek yapışmaları minimize ederek, levha kalitesine olumlu etki sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yongalevha, Kalıp ayırıcı kimyasal (KAK), Üre formaldehit, Fiziksel ve mekanik özellikler.

Abstract

This study investigates the influence of mold release agent, widely utilized in panel production, on the physical and mechanical properties of particleboard by introducing varying quantities into the production process. For this purpose, mold release chemicals were used in the particleboard production at rate of 0, 5, 10, 15, 20, 25 gr/m² for the lower and upper layers, respectively. Physical properties of the board, density, moisture content, swelling, water absorption, and surface absorption, were tested, while changes in mechanical properties such as bending strength, modulus of elasticity, internal bond, screw withdrawal strength, and surface durability were determined. Additionally, the effect of the amount of chemicals on the press production speed was evaluated. As a result of analysis, it is observed that adding mold release agent has no negative effect on the physical and mechanical features of panel. Additionally, it was noted that while enhancing the ability to accelerate production, it also contributes to capacity expansion and minimizes potential adhesion on the production line, hence positively affecting the panel quality.

Keywords: Particleboard, Mold release agent, Urea formaldehyde, Physical and mechanical properties.

1. Giriş

Ağaç malzeme gelişen teknoloji ile beraber masif ve kompozit levha olarak değişik kullanım yerleri bulmaya başlamıştır. Geniş yüzeylerde kullanım ihtiyacı duyulduğu yerlerde uygun ölçüde masif ahşabın bulunamaması, anizotrop yapısı, ormanların yok olma tehlikesi hem ekonomik sebepler hem de sanayileşmenin ilerlemesiyle beraber odun hammaddesi farklı üretim proseslerine maruz kalarak kontrplak, lif levha, yongalevha üretilmeye başlanmıştır (Er, 2016).

Nüfusun artması, yeni kullanım alanları ve teknolojik gelişmeler yongalevha tüketimini her geçen gün artırmaktadır. Gıda ve Tarım Örgütü'nün 2017 istatistiki verilerine göre Türkiye'de üretilen yongalevha miktarı 4.29 milyon m³ olup, bu üretim miktarı ile Dünya'da beşinci, Avrupa'da ise dördüncü en büyük yongalevha üreticisi durumundadır. Orta ve yüksek yoğunlukta liflevha (MDF ve HDF) üretiminde ise 4.75 milyon m³ ile Dünya'da, Çin'den sonra ikinci sırada, Avrupa'da ise piyasanın lideri konumundadır. Yine 2016 yılı FAO verilerine göre Türkiye, ahşap esaslı levha tüketiminde 10 milyon m³ ile Dünya'daki en büyük beşinci tüketici ülkesidir (Şahin, 2020).

Levha endüstrisi ağırlıklı olarak farklı ağaç türü odunları hammadde olarak kullanmaktadır. Hammadde odun maliyetleri, toplam levha üretim maliyetlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Tarımsal ve orman atıklarından elde edilen alternatif hammaddeler, daha ucuz olmaları nedeni ile levha endüstrisi için önemli doğal kaynaklardır (Bektas ve ark., 2005). Yongalevha ve MDF üretiminde, farklı lignoselülozik atıklar odunu tamamlayıcı ya da oduna doğrudan alternatif bir hammadde olarak kullanılabilir (Guler ve ark., 2016; Gokdai ve ark., 2017; Kowaluk ve ark., 2020; Şahin, 2020).

Orman ürünleri sektörü birçok ürün çeşidiyle beraber giderek gelişmekte olup bu ürünlerin piyasada en çok talep görenlerinden birisi yongalevha endüstrisidir. Bu endüstrinin temel hammaddesi odun olup, kereste fabrikası artıkları, yıllık bitkiler gibi tüm lifli lignoselülozik kaynaklar hammadde olarak kullanılabilir (Günaydın, 2021; Yağlıca 2019).

Ahşap esaslı levhaların (yongalevha, OSB, MDF, HDF vb) üretiminde kullanılacak ağaç türü, yonga-lif boyutları, geometrisi, tutkal türü ve oranı, presleme süresi, sıcaklığı ve basıncı, yonga rutubeti ve levhanın hedef yoğunluğu gibi değişkenler levha kalitesini etkilemektedir (İstek ve ark., 2010; Bardak, 2010; Sanabria ve ark., 2013). Yapılan bir çalışmada dış tabaka yonga rutubetinin %1'den %3'e çıkarılması ile levhanın fiziksel ve

mekanik özelliklerinde iyileşmeler sağlanmış, özellikle rutubet artışının levhanın yüzey kalitesini olumlu etkilediği ifade edilmiştir (Nemli ve ark., 2006).

Kalıp ayırıcı kimyasal (KAK), kalıplanmış ürünün kalıptan ayrılmasını kolaylaştıran, ürün üzerinde koruyucu bir film oluşturarak kalıbın yüzey kalitesini sağlayan bir katkı maddesidir. KAK'lar, su bazlı ayırıcı maddeler, yağ bazlı ayırıcı maddeler ve toz bazlı ayırıcı maddeler olmak üzere üç ayrılırlar. Su bazlı KAK'lar, fiyatlarının düşük olması, ayırma etkinliğinin yüksek olması, çevreyi kirletmemesi, pürüzsüz yüzey oluşumu sağlaması, yüksek hava sızdırmazlığı ve otomasyon sistemlerine uygun olması nedeniyle tercih edilmektedirler (Liang ve ark., 2022). Ayrıca KAK'nın yüzeylere uygulamasından sonra, yapıştırma, sıcak pres uygulaması, zımparalama, kaplama ve baskı işlemleri üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Son yıllarda levha endüstrisinde kullanılmaya başlanan KAK'lar, plastik ve kavucuk gibi kalıplanmış endüstriyel ürünlerde, kağıt, tekstilde, boya, vernik ve yiyecek endüstrisinde, ayakkabı üretiminde, otomobil sektöründe ve köpük önleyici olarak kullanılmaktadır (de Damborenea ve ark., 1997; Figueiredo ve ark., 2012; Cerpnjak ve ark., 2015; Chaydarreh ve ark., 2017; Anonim 2023).

Genel olarak levha yüzey kalitesini artırmak ve pres ısısının orta tabakaya iletimini hızlandırmak için yongalevhaların alt ve üst tabakalarına su püskürtülmektedir. Ancak talebin artması ve yüksek levha yüzey kalitesinin sağlanmasındaki güçlükler nedeni ile dış tabaka yüzeylerine su yerine KAK kullanılmaya başlamıştır. Yapılan literatür araştırmalarında, KAK'nın levha üretiminde kullanımı ile ilgili bir makaleye ulaşılamamıştır. Bu çalışmada yongalevhaların alt ve üst tabakalarına farklı miktarlarda püskürtülen KAK'nın, levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmada, yongalevha üretiminde kullanılan KAK miktarının levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla, Kastamonu Entegre AŞ. Gebze fabrikasının yurtiçi piyasadan temin etmiş olduğu hammaddelerden, yongalevha üretim prosesleri çerçevesinde levha üretimleri gerçekleştirilmiştir. Levhalar 18 mm kalınlığında, 630 kg/m³ yoğunluğunda ve 2100×2800 mm ebatlarında üretilmiştir. Yongalevhaların üretiminde kullanılan yonga içeriği; % 45 çam, % 27 kapak tahtası, % 18 meşe ve % 10 testere talaşından oluşmaktadır. Yapıştırıcı madde olarak üre formaldehit tutkalı, sertleştirici olarak amonyum sülfat, su itici olarak da parafin kullanılmıştır. Levha

üretiminde kullanılan tutkal, Kastamonu Entegre AŞ. Gebze fabrikası tutkal üretim tesisinde üretilmiş olup sertleştirici, parafin ve KAK dışarıdan satın alma yöntemiyle temin edilmiştir. KAK olarak su bazlı Multiboard Spezial LF (Zeller+Gmelin GmbH & Co. KG, Eislingen/Fils, Germany) kimyasalı kullanılmıştır.

Kontrol levhalarının üretimi sırasında pres hızı 550 mm/sn'dir. Üretime ilave edilen KAK ile birlikte üretim hızı ile ilgili değişiklikler gerçekleşmiştir. Dış tabaka rutubet değeri % 13.62, orta tabaka rutubeti ise % 6.33'dür. Serme oranları olarak alt tabaka (SL1) % 16, orta tabakanın altı (CL1) % 34.5, orta tabakanın üstü (CL2) % 34, üst tabaka (SL2) ise % 15.5 olarak serilmiştir. Orta tabakaya tam kuru yonga miktarına oranla % 6.3 üre formaldehit tutkalı ilave edilmiştir. Orta tabaka tutkalı mol oranı 1.22 olup katı madde miktarı % 65'dir. Dış tabakaya tam kuru yonga miktarına oranla % 11 üre formaldehit tutkalı ilave edilmiştir. Dış tabaka tutkalı 1.15 mol oranına sahip olup ve katı madde miktarı ise % 50'dir. Levha üretiminde kullanılan kimyasalların bazı teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Levha üretiminde kullanılan kimyasallara ait bazı teknik özellikler.

Özellikler	Orta Tabaka (UF Tutkalı)	Dış Tabaka (UF Tutkalı)	Sertleştirici (Amonyum Sülfat)	Parafin	Kalıp Ayırıcı Kimyasal
pH	8.8	8.66	5.47	10.19	8.35
Yoğunluk (gr/cm ³)	1.279	1.205	-	0.925	1.03
Katı Madde (%)	62.57	51.07	-	59.66	9.36
Akma Zamanı (sn)	38	14	-	16	-
Rutubet (%)	-	-	0.37	-	-
Erime Noktası Tayini (°C)	-	-	-	55	-
Yüzey Gerilimi	-	-	-	-	26.53

2.2 Yöntem

Deneme levhalarına yapılan tüm testler TS EN standartlarına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Levhanın fiziksel özelliklerinden yoğunluk değeri TS EN 323 (1999), rutubet değeri TS EN 322 (1999), su alma (SAO) ve kalınlık artım oranı (KAO) TS EN 317 (1999) ve yüzey absorpsiyonu (YA) değeri TS EN 382-1 (1999) standardına göre yapılırken, mekanik özelliklerden eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülü (EM) değerleri TS EN 310 (1999), yüzeye dik çekme direnci (YDÇD) TS EN 319 (1999), vida tutma direnci (VTD) TS EN 320 (2011) ve YS ise TS EN 311 (2005) standardına göre belirlenmiştir. KAK, deneme levhalarına, püskürtme başlıkları yardımı ile küçük partiküller halinde, Şekil

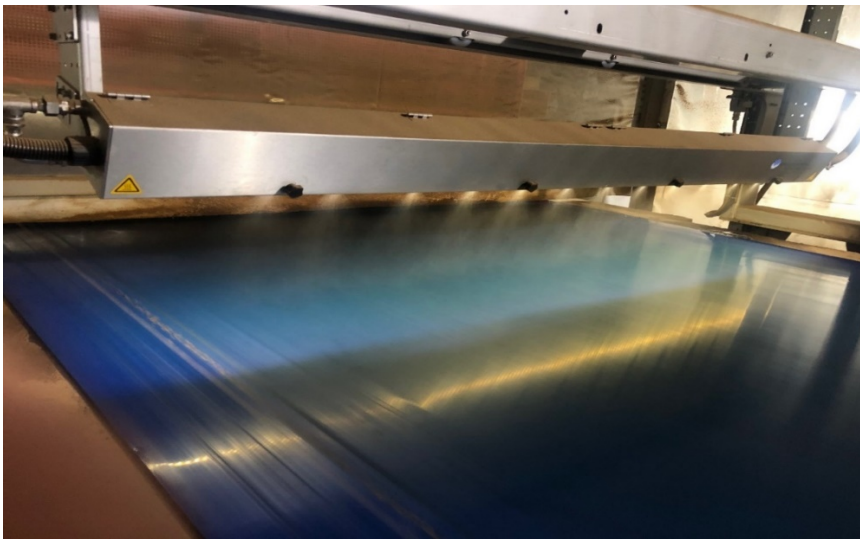
1'deki gibi püskürtme yöntemiyle levha taslağının hem alt hem de üst yüzeyine temas edecek şekilde uygulanmıştır.

Üretilen deneme levhalarının tüm proses şartları aynı olup, levhalara KAK miktarı kademeli olarak arttırılarak püskürtülmüştür. Her deneme grubu için deney örnekleri ayrı ayrı alınmıştır. Çizelge 2'de levha yüzeylerine püskürtülen KAK miktarları gösterilmiştir. Kullanılan KAK miktarına bağlı olarak, üretim sırasında oluşan pres üretim hızları da kayıt altına alınmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı. Deneme numunelerine verilen KAK miktarı.

Levha Türü	Alt yüzeye verilen KAK miktarı (gr/m ²)	Üst yüzeye verilen KAK miktarı (gr/m ²)
A (Kontrol) Grubu	0	0
B Grubu	5	5
C Grubu	10	10
D Grubu	15	15
E Grubu	20	20
F Grubu	25	25

Levha taslağının alt yüzeyine KAK emdirmek için Şekil 1'de görüldüğü gibi püskürtme makinesi ile kimyasal serme bandına püskürtülmektedir. Püskürtme işleminden sonra alt yüzey tabakası bandın üzerine serileceği için alt yüzeye kimyasal temas etmiş olacaktır.



Şekil 1. Serme bandına kalıp ayırıcı kimyasal püskürtme işlemi.

Üst yüzeye ise Şekil 2’de görüldüğü gibi ön presleme sonrası, sıcak presten hemen önce püskürtme işlemi uygulanmaktadır.



Şekil 2. Levha taslağı üzerine KAK püskürtme işlemi.

2.3. İstatistik Analizler

Yapılan analizler sonucu elde edilen verilerin istatistiki değerlendirilmesinde IBM SPSS 22 paket programı kullanılmıştır. Test edilen her bir özellik için gruplar arasındaki farklılığın anlamlı olup olmadığı basit varyans analizi ile belirlenmiştir ($p < 0.05$). Anlamlı farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için ise Duncan testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Fiziksel Özelliklere Ait Bulgular

Deneme levhaları üzerinde gerçekleştirilen testler sonucu ortaya çıkan fiziksel özelliklere ait yoğunluk, rutubet, KAO (2 ve 24 saat), SAO (2 ve 24 saat) ve YA ile ilgili değerler incelenmiştir. Çizelge 3’te farklı oranlarda KAK ilavesi ile üretilen yongalevhaların bazı fiziksel özelliklerine ait ortalama, standart sapma, homojenlik grupları verilmiştir. Yapılan basit varyans analizi değerlendirmelerine göre her bir levha türüne ait ortalama yoğunluk değeri, 2-24 saatlik SAO, 2 saatlik KAO ve YA değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$, Çizelge 5). Ancak levha türlerine ait rutubet miktarı ve 24 saatlik KAO’ları bakımından gruplar arasındaki farklılığın %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p < 0.05$, Çizelge 5).

Çizelge 3. Levha gruplarının bazı fiziksel özelliklerine ait istatistiki verileri.

Levha Grupları	YD (kg/m ³)	RM (%)	SAO _{2saat} (%)	SAO _{24saat} (%)	KAO _{2saat} (%)	KAO _{24saat} (%)	YA (mm)
A (KONTROL)	634 a* (12.9)**	8.18 a (0.01)	62.4 a (11.62)	94.2 b (2.92)	12.3 a (0.92)	19.2 a (0.30)	403 a (35.1)
B	633 a (12.1)	7.32 b (0.10)	56.5 a (2.57)	89.7 b (1.60)	11.7 a (0.91)	17.8 b (0.56)	415 a (56.3)
C	639 a (15.2)	7.38 b (0.22)	59.2 a (5.36)	90.1 b (3.97)	11.6 a (0.55)	18.1 b (0.55)	417 a (46.5)
D	632 a (15.5)	7.42 b (0.20)	56.3 a (9.12)	89.9 b (7.21)	11.6 a (1.40)	17.9 b (1.15)	427 a (37.9)
E	636 a (14.5)	7.29 b (0.19)	57.3 a (4.35)	90.0 b (2.01)	11.1 a (0.49)	18.1 b (0.52)	440 a (22.9)
F	634 a (15.2)	7.50 b (0.15)	57.8 a (2.30)	89.8 b (1.71)	11.2 a (0.89)	17.8 b (0.43)	455 a (49.2)

*: Sütunda aynı harfler ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). **: Standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir, YD: Yoğunluk değeri, RM: Rutubet miktarı, SAO: Su alma oranı, KAO: Kalınlık artış oranı, YA: Yüzey absorpsiyonu.

Üretilen levhalarda hedeflenen yoğunluk değeri 630 kg/m³'dür. TS EN 312 (2012)'e göre levhadaki ortalama yoğunluk sapması \pm %10 olarak belirtilmektedir. Tüm levha türlerinde bu değer üstünde veya altında bir yoğunluk sapması görülmemektedir. En düşük ortalama yoğunluk değeri 632 kg/m³ olarak D grubu levhalarda görülürken, en yüksek ortalama yoğunluk değeri ise 639 kg/m³ ile C grubu levhalarda elde edilmiştir.

A grubu deneme levhaları (Kontrol grubu) dışında tüm levha gruplarının rutubet değerleri arasında istatistiksel anlamda herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Kontrol grubu levhaların rutubet değerleri, diğer tüm gruplardan istatistiksel anlamda farklı bulunmuştur (p<0.05). TS EN 312 (2012)'e göre yongalevhaların ortalama rutubet değerleri % 5-13 arasında olması istenmektedir. Üretilen tüm levha gruplarına ait deney levhalarının ortalama rutubet değerleri de standartta belirtilen asgari şartlara uygun olduğu görülmüştür. A grubu (Kontrol grubu) levhalardaki ortalama rutubet değeri % 8.18 ile diğer tüm gruplardan yüksek bulunmuştur.

Deneme levhalarının 2 ve 24 saatlik her iki suda bekleme süresi birlikte değerlendirildiğinde, tüm test levhalarının SAO'ları üzerine suda bekleme süresinin etkisinin anlamlı olduğu görülmüştür. Bekleme süresinin 2 saatten, 24 saate çıkması ile

birlikte test örneklerinin SAO'larında artışlar görülmüştür. En düşük SAO değerleri 2 saatlik suda bekleme süresinde % 56.3 ile D grubu levhalarda elde edilmiştir. En yüksek SAO değerleri ise suda bekleme süresinin 24 saat olduğu test örneklerinden A (Kontrol) grubu levhalarda (%94.2) görülmüştür. Literatürde yongalevhalarla ilgili, bekleme süresinin artışına bağlı olarak SAO ve KAO'larda artışların meydana geldiği farklı çalışmalarda da belirtilmektedir (Günaydın, 2021; Yaglıca, 2019; Mesquita vd., 2019 ve Güler vd., 2016). Ancak ilgili standartlarda yongalevhaların SAO'larına ilişkin herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır.

Her iki suda bekleme süresi birlikte değerlendirildiğinde, tüm test levhalarının KAO'ları üzerine suda bekleme süresinin etkisinin anlamlı olduğu görülmüştür. Bekleme süresinin 2 saatten, 24 saate çıkması ile birlikte test örneklerinin KAO'larda artışlar görülmüştür. En düşük KAO'ları 2 saatlik suda bekleme süresinde % 11.1 ile E grubu levhalarda elde edilmiştir. En yüksek KAO'lar ise SAO değerlerine benzer şekilde, suda bekleme süresinin 24 saat olduğu test örneklerinden A (Kontrol) grubu levhalarda görülmüştür (% 19.2). TS EN 312 (2012) standardına göre 18 mm kalınlığındaki yongalevhalarla ait KAO'ların % 15'in (Tip P4, Tip P6 kullanımları için) altında kalması istenmektedir. Araştırma kapsamında üretilen tüm test levhaların 2 saatlik KAO'ları, standardın belirtmiş olduğu minimum değerinin altında bulunmuş iken 24 saatlik KAO'ları ise bu değerinin üzerinde bulunmuştur.

Deneme levhalarında hedeflenen YA değeri 150 mm'nin üzerinde olmasıdır. Üretilen tüm levha gruplarının YA değerleri standartta belirtilen sınır değerlerinin üzerindedir. En düşük değer 403 mm ile kontrol grubu levhalarda, en yüksek değer ise 455 mm ile F grubu levhalarda tespit edilmiştir. Yongalevha üretiminde kullanılan KAK oranı arttıkça yüzey yonga rutubeti de artmakta, sıcak preslerde yüksek sıcaklık nedeni ile daha düzgün yüzeyler elde edilmekte böylece YA değerlerinde iyileşmeler görülmektedir. Aydın (2016) tarafından yapılan bir çalışmada benzer sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir. Gündüz ve Masraf (2005) üretim parametrelerinin üç tabakalı yongalevhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, toluen testi uygulamaları sonucunda YA değerlerinin levha üst tabakalarında 318-409 mm arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.

3.2 Mekanik Özelliklere Ait Bulgular

Araştırma sonucu ortaya çıkan levhaların mekanik özelliklerinden, ED, EM, YDÇD, VTD, YS ile ilgili bulgular incelenmiştir. Çizelge 4'te farklı oranlarda KAK ilavesi ile

üretileen yongalevhaların mekanik özelliklerine ait ortalama, standart sapma ve homojenlik grupları verilmiştir.

Çizelge 4. Levha gruplarının bazı mekanik özelliklerine ait istatistikî verileri.

Levha Grupları	ED (N/mm ²)	EM (N/mm ²)	YDÇD (N/mm ²)	YDVTD (N)	YPVTD (N)	YS (N/mm ²)
A (KONTROL)	13.4 a* (1.97)**	2350 a (350)	0.41 a (0.04)	935 a (73.6)	665 a (83.9)	1.40 ab (0.08)
B	14.3 a (2.25)	2467 a (348)	0.41 a (0.02)	973 a (155.9)	744 ab (41.0)	1.35 a (0.13)
C	14.5 a (2.09)	2562 a (330)	0.39 a (0.05)	964 a (72.2)	765 ab (33.7)	1.42 ab (0.10)
D	14.5 a (2.70)	2502 a (365)	0.44 a (0.05)	1025 a (152)	721 a (90.6)	1.50 b (0.11)
E	14.8 a (2.10)	2633 a (317)	0.41 a (0.02)	986 a (125.4)	864 b (64.6)	1.49 b (0.10)
F	14.9 a (1.59)	2633 a (298)	0.42 a (0.03)	993 a (58.9)	698 a (84.1)	1.31 a (0.05)

*: Sütunda aynı harfler ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksız ($p < 0.05$), **: Standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir, ED: Eğilme direnci, EM: Elastikiyet modülü, YDÇD: Yüzeğe dik çekme direnci, YDVTD: Yüzeğe dik yönde vida tutma direnci, YPVTD: Yüzeğe paralel yönde vida tutma direnci, YS: Yüzeğe sağlamlığı.

Yapılan basit varyans analizi değerlendirmelerine göre her bir levha türüne ait ortalama ED, EM, YDÇD ve YDVTD değerleri arasındaki farklılık %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı anlaşılmıştır ($p > 0.05$, Çizelge 5). Ancak levha gruplarına ait YPVTD ve YS değerleri arasında ise istatistiksel olarak farklılığın anlamlı olduğu görülmüştür ($p < 0.05$, Çizelge 5).

Deneme levhalarına ait ED değeri en düşük A (Kontrol) grubu levhalarda 13.4 N/mm², en yüksek ise F Grubu levhalarda 14.9 N/mm² olarak ölçülmüştür (Çizelge 4). İlgili standardın Tip P2 kullanımları (kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar) için belirtmiş olduğu minimum ED değeri 11 N/mm²'dir. Çalışma kapsamında üretilen tüm levha gruplarının bu standartta belirtilmiş minimum değerleri sağladığı görülmüştür (TS EN 312, 2012). Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, KAK katılım oranına bağlı olarak ED'değerinde maksimum %11.2 oranında bir artış görülmüştür. Ancak bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 5). Levhaların ED değeri üzerine levhaların yoğunluğunun önemli bir etkisi bulunmaktadır. Levha yoğunluğu arttıkça,

levhanın mekanik özellikleri de artmaktadır. Bu çalışmada KAK kullanımının levha yoğunluğu üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz çıkması, elde edilen ED değerleri ile uyumlu bulunmuştur.

Deneme levhalarında EM değeri en düşük A (Kontrol) grubu 2350 N/mm², en yüksek ise 2633 N/mm² olarak E ve F grubu levhalarda tespit edilmiştir (Çizelge 4). Kuru şartlarda ve iç mekân ahşap alanlarında (Tip P2) kullanılmak üzere üretilen levhalar için belirlenen EM değeri 1600 N/mm² ve üzeridir (TS EN 312 (2012)). Analiz sonuçları da standardın belirtmiş olduğu minimum değer üzerindedir ve KAK'ın EM değeri üzerine etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0.05$).

Test levhalarında YDÇD'leri en düşük 0.39 N/mm² ile C grubu levhalarda elde edilir iken en yüksek değerler ise 0.44 N/mm² ile D grubu levhalarda tespit edilmiştir (Çizelge 4). Kuru şartlarda ve iç mekân ahşap alanlarında (Tip P2) kullanılmak üzere üretilen levhalar için belirlenen YDÇD değeri 0.35 N/mm² ve üzerinde olması istenmektedir (TS EN 312 (2012)). Üretilen tüm levha grupları hedeflenen alt limit sınırı olan 0.35 N/mm²'nin üzerinde olduğu ve ortalama YDÇD değeri ise 0.41 N/mm² olarak belirlenmiştir. ED ve EM değerlerine benzer şekilde, yüzeye uygulanan KAK miktarının YDÇD değerlerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür ($p < 0.05$, Çizelge 5).

Deneme levhalarına ait YDVTD en yüksek D grubu levhalarda (1025 N), en düşük ise A (kontrol) grubu levhalarda (935 N) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4). BS 2604 nolu standartta 20 mm kalınlığındaki yonga levhalarda levha kenarından vida tutma gücünün en az 360 N olması öngörülmektedir. Levha yüzeyine dik vida tutma gücünün ise bu değerden % 100-% 125 daha fazla olması istenmektedir (Nemli vd., 2004). Buna göre levha yüzeyine dik yönde deney levhaların tamamına ait YDVTD değerleri standartta belirtilen limitlerin üstünde ölçülmüştür. Tüm levhalar göz önüne alındığında YDVTD ortalama 979 N olarak belirlenmiştir. Güler ve İbiş (2018) kapak tahtası kullanım oranına bağlı olarak ürettiği oldukları yongalevhaların YDVTD değerlerinin 1040-1142 N arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme levhalarının YPVTD değerleri arasındaki farklılığın % 95 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$, Çizelge 5). Bu sebeple ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan analiz testi uygulanmıştır (Çizelge 4). Duncan analiz testi sonuçlarına bakıldığında, deneme levhalarının YPVTD değerleri için, A, B, C, D ve F grupları ile B, C, E gruplarının kendi aralarında istatistiksel anlamda herhangi bir farklılık tespit edilememiştir. Ancak E grubu deneme levhalarına ait YPVTD değerleri ise diğer tüm

gruplardan yüksek bulunmuştur. Test levhalarının YPVTD en düşük A (kontrol) grubu levhalarda 665 N olarak, en yüksek ise E grubu levhalarda 864 N olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar ayçiçek sapı ve kızılçam yongası kullanılarak üretilen yongalevhalarda elde edildiği bildirilmiştir (Güler vd., 2006). Hedeflenen alt limit YPVTD için 360 N olduğu düşünüldüğünde, deney levhaların tamamında bu değer standartta belirtilen limitlerin üzerinde ölçülmüştür (BS 2604, 1970). Tüm levhalar göz önüne alındığında levha YPVTD ortalama 743 N olarak belirlenmiştir. Kalaycioglu vd. (2005) pavlonya odunundan üretilmiş yongalevhaların yüzey ve kenar vida tutma gücü değerlerinin ilgili standardı karşıladığı ifade edilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarındaki anlamlı farklılıklara bağlı olarak gerçekleştirilen Duncan testi sonuçları, A, B, C ve F grupları ile A, C, D ve E gruplarının kendi aralarında YS değerleri bakımından istatistiksel anlamda herhangi bir farklılığın olmadığını göstermiştir (Çizelge 4). D grubu levhalarına ait YS değerleri ise diğer tüm gruplardan yüksek bulunmuştur (1.50 N/mm^2). En düşük YS değeri (1.31 N/mm^2) ise F grubu levhalarda görülmüştür. Kuru şartlarda ve iç mekân ahşap alanlarında (Tip P2) kullanılacak levhalar için belirlenen YS değeri 0.8 N/mm^2 ve üzerinde olması istenmektedir (TS EN 312, 2012). Üretilen tüm levha gruplarına ait yüzey sağlamlığı değerleri, standardın belirttiği alt limit sınır değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. KAK kullanılarak üretilen yongalevhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Test Türü	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	P- değeri
YD	674.5	5	134.9	0.661	0.653
RM	1.66	5	0.33	12.95	0.000
SAO 2 saat	128.9	5	25.8	0.56	0.732
SAO 24 saat	76.8	5	15.36	1.075	0.399
KAO 2 saat	4.4	5	0.89	1.072	0.401
KAO 24 saat	6.6	5	1.31	3.169	0.025
YA	5278	5	1055.6	0.578	0.716
ED	8.3	5	1.659	0.361	0.871
EM	355676	5	71135	0.632	0.677
YDÇD	0.01	5	0.002	1.023	0.422
YDVTD	13796	5	2759.2	0.21	0.950
YPVTD	71048	5	14209.6	2.91	0.049
YS	0.17	5	0.03	3.485	0.013

3.3. Levha Üretim Hızına Ait Bulgular

Araştırma sonucunda mevcut tesis şartlarında tüm parametreler sabit tutularak yalnızca KAK oranı arttırıldıkça levha üretimine kazandırılan hız ile ilgili bulgular incelenmiştir. Çizelge 6’da farklı oranlarda KAK ilavesi ile levha üretim hattının, kalite şartlarını da göz önüne alarak yongalevha tesisinde ölçülen üretim hızı değerleri verilmiştir.

Çizelge 6. KAK kullanım miktarlarına bağlı olarak ölçülen tesis üretim hızları.

Levha Türü	Üretim hızı (mm/sn)
A (Kontrol) Grubu	550
B Grubu	580
C Grubu	620
D Grubu	650
E Grubu	690
F Grubu	730

En düşük levha üretim hızı KAK verilmeyen A grubu (0 gr/m²) kontrol levhaların üretiminde görülürken, maksimum levha üretim hızı ise KAK kullanım miktarı en yüksek olan F grubu (25 gr/m²) levha üretiminde ölçülmüştür. KAK kullanım miktarının artışına bağlı olarak levha üretim hızlarında artışlar tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında levha üretim hızında %32.73’lük bir artış elde edilmiştir.

4. Sonuçlar

Bu araştırma kapsamında sürekli pres ile yongalevha üretiminde KAK kullanımının üretilen levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Levha üretiminde, levha taslağının her iki yüzeyine KAK püskürtülerek testler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre, rutubet değeri, 24 saatlik KAO, YPVTD ile YS değerleri bakımından kontrol ve test levhaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu anlaşılmıştır ($p < 0.05$, Çizelge 5). Ancak bu analizler dışındaki tüm özelliklere ait test değerleri istatistiksel olarak birbirine benzer olduğu görülmüştür ($p > 0.05$, Çizelge 5).

YA değerlerinin KAK katılımı ile doğru orantılı olarak önemli miktar (%12.9) yükseldiği görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında KAK miktarı arttıkça yüzey düzgünlüğünün arttığı ve levhaların daha pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğunu göstermektedir.

KAK miktarı arttıkça ED, EM ve YDÇD değerlerinde görece olarak artışlar gözlenmiştir. Ancak bu artışlar istatistiksel düzeyde anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca üretilen deneme levhalarına ait 24 saatlik KAO dışındaki tüm fiziksel ve mekanik özellikler, ilgili standartların belirlemiş olduğu sınır değerleri karşıladığı görülmüştür.

Üretim esnasında yapılan analizlere göre, levha bandı ve pastası üzerine KAK verilmediğinde (A grubu levhalar) mevcut üretim için pres hattındaki en yüksek hız olarak 550 mm/sn'ye çıktığı görülmüştür. Yongalevhaların alt ve üst yüzeylerine 25 gr/m² olacak şekilde KAK püskürtüldüğünde (F grubu levhalar) ise üretim hızınının 730 mm/sn'ye çıkılabildiği tespit edilmiştir. Bu durum daha hızlı levha üretimine imkân sağlayarak üretim kapasitenin artırılmasına yardımcı olmuştur.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre, fiziksel ve mekanik özellikleri yeterli, %32,73'lük levha üretim hızı artışı kazandırması da göz önüne alındığında, deneme üretimlerinin gerçekleştirildiği tesis şartlarında optimum KAK kullanım miktarının 25 gr/m² (F grubu) olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma ile yongalevha üretimi ile ilgili bir araştırmada ilk defa KAK kullanımının levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri bakımından hem literatüre hem de orman ürünleri endüstrisine önemli bilgiler sunulduğu düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Anonim, (2023). <https://concentrol.com/en/water-based-mold-release-agents-for-production-of-wood-particleboards-with-urea-or-melamine-resins/>. Erişim Tarihi: 01.11.2023.
- Aydın, U. (2016). 'Yonga geometrisi ve taslak rutubet değişimlerinin yonga levha özelliklerine etkisi' Yüksek Lisans Tezi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Bardak, S. (2010). *Bazı faktörlerin yonga levhanın teknolojik özellikleri üzerine etkileri*. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt: V, 1887-1898, Artvin.
- Bektas, I., Guler, C., Kalaycioğlu, H., Mengeloglu, F., & Nacar, M. (2005). The manufacture of particleboards using sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and poplar wood (*Populus alba* L.). *Journal of Composite Materials*, 39(5), 467-473.
- BS 2604, Resin Bonded Wood Chipboard, British Standard Institution, London, 1970
- Cerpnjak, K., Zvonar, A., Vrečer, F., & Gašperlin, M. (2015). Development of a solid self-microemulsifying drug delivery system (SMEDDS) for solubility enhancement of naproxen. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 41(9), 1548-1557.

- Chaydarreh, K. C., Shalbfan, A., & Welling, J. (2017). Effect of ingredient ratios of rigid polyurethane foam on foam core panels properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 134(17), 224-675.
- de Damborenea, J., Bastidas, J. M., & Vazquez, A. J. (1997). Adsorption and inhibitive properties of four primary aliphatic amines on mild steel in 2 M hydrochloric acid. *Electrochimica Acta*, 42(3), 455-459.
- Er, E. (2016). 'Yonga levha endüstrisi atık sularının kimyasal arıtımı ve yanıt yüzey yöntemi ile optimizasyonu'. Yüksek Lisan Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Figueiredo, L., Bandeira, P., Mendes, A., Bastos, M. M., & Magalhães, F. D. (2012). Use of fluoropolymer permanent release coatings for molded polyurethane foam production. *Journal of Coatings Technology and Research*, 9(6), 757- 764.
- Gokdai, D., Borazan, A. A., & Acikbas, G. (2017). Effect of marble: pine cone waste ratios on mechanical properties of polyester matrix composites. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1855-1862.
- Guler, C., Sahin, H. I., & Yeniay, S. (2016). The Potential for using corn stalks as a raw material for production particleboard with industrial wood chips. *Wood Research*, 61(2), 299-306.
- Guler, C., Bektas, I., & Kalaycioglu, H. (2006). The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.). *Forest Products Journal*, 56(4), 56-60.
- Güler, C., ve İbiş, M. (2018). Yongalevha üretiminde hammadde kaynaklarının optimizasyonu ve teknolojik yönden incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(4), 808-817.
- Günaydın, B. (2021). 'Hidro-Termal işlem uygulanmış ayçiçeği saplarından üretilen yongalevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi'. Yüksek Lisans Tezi. Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Düzce.
- Gündüz, G., ve Masraf, Y. (2005). Üç tabakalı yatık yongalı yongalevha üretiminde üretim şartlarının değiştirilmesinin levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7(8), 58-71.
- İstek A., Aydemir, D., & Aksu, S. (2010). The effect of paper pattern and resin type on the physical, mechanical and surface quality properties of the particleboard coated with impregnated decor papers. *BioResources*, 5(2), 951-960.

- Kalaycioglu, H., Deniz, I., & Hiziroglu, S. (2005). Some of the properties of particleboard made from paulownia. *Journal of Wood Science*, 51, 410-414.
- Kowaluk, G., Szymanowski, K., Kozlowski, P., Kukula, W., Sala, C., Robles, E., & Czarniak, P. (2020). Functional assessment of particleboards made of apple and plum orchard pruning. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 2877–2886.
- Liang, B., Yang, Y., & Li, J. (2022). *Research progress of water-based release agents*. In MATEC Web of Conferences, Vol. 358 (01033), Tianjin, China.
- Mesquita, R. G. D. A., Sanadi, A. R., Marconcini, J. M., Correa, A. C., César, A. A. D. S., Andrade, L. M. F., Lopes, T. A. Simão, J. A., & Mendes, L. M. (2019). The effect of cellulose nanocrystals in sugarcane bagasse particleboards of pith and fibers. *Cerne*, 25, 203-213.
- Nemli, G., Demirel, S., ve Zekoviç, E. (2006). Yonga rutubeti, parafin kullanımı ve ağaç cinsinin yongalevhanın bazı teknolojik özellikleri üzerine etkileri. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 7(2), 81-93.
- Nemli, G., Kalaycıoğlu H., ve Akbulut, T. (2004). Pres çeşidinin yonga levha teknik özellikleri üzerine etkisi. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1-2, 89-85.
- Sanabria, S. J. U., Hilbers, J., Neuenschwander, P., Niemz, U., Sennhauser, H., Thömen, J. L., & Wenker, J. (2013). Modeling and prediction of density distribution and microstructure in particleboards from acoustic properties by correlation of non-contact high-resolution pulsed air-coupled ultrasound and X-ray images. *Ultrasonics*, 53(1), 157-70.
- Şahin, H. İ. (2020). The potential of using forest waste as a raw material in particleboard manufacturing. *BioResources*, 15(4), 7780-7795.
- TS EN 310, (1993). Ahşap esaslı levhalar, eğilme ve eğilme direnci elastikiyet modulünün tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 311, (2005). Ahşap esaslı levhalar, yüzey sağlamlığı-deney metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 312, (2012). Yonga levhalar - Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 317, (1999). Yonga levhalar ve lif levhalar-Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 319, (1999). Yonga levhalar ve lif levhalar-Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 320, (2011). Yonga levhalar ve lif levhalar-Vida tutma mukavemetinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 322, (1999). Ahşap levhalar, rutubet miktarının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 323, (1999). Ahşap esaslı levhalar-Birim hacim ağırlığının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 382-1, (1999). Lif levhalar, yüzey absorpsiyonu tayini; Bölüm 1: Kuru metodla üretilen lif levhalarda deney metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yaglıca, N. (2019). 'Kültür mantarı üretiminde oluşan kompost atığının yongalevha üretiminde değerlendirilmesi'. Yüksek Lisans Tezi. Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.