

Lif levha yanal yüzeylerine farklı katkı maddeler içeren poliüretan tutkalı uygulamasının boyut stabilitesi üzerine etkileri

İbrahim Bektaş^a, Gonca Düzkale Sözbir^b, Ayşenur Kılıç Ak^{a,*}

Özet: Günümüzde, talebe yeterince cevap veremeyen orman emvalinin, masif olarak kullanımının maliyete getirdiği ilave yükten dolayı, kompozit şeklinde kullanımına artan bir yönelme söz konusudur. Bu nedenle test materyali olarak, orman ürünleri sanayisinin temel hammaddelerinden biri olan ve odun esaslı hammaddelerden imal edilen lif levhalar (MDF) seçilmiştir. Seçilen orta yoğunluktaki standart lif levhalara, poliüretan (PÜ) tutkalı içerisine muhtelif vasıflara sahip katkı maddeleri (kayın lifi (KL), bozunmuş kayın lifi (BKL) ve aktif karbon (AK) farklı oranlarda (%2.5, 5, 7.5) ilave edilerek, levhanın yüzeyine uygulanarak birleştirme veya yapıştırma işlemleri sırasında levhanın boyut stabilitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kayın liflerinin degrades (bozunma) edilmesinde, Shiitake (*Lentinus edodes*) mantarı kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda hazırlanan deney numunelerinde 2 sa, 24 sa, 48 sa, 72 sa, 96 sa ve 336 sa (2 hafta) sürelerde su alma (SA) ve kalınlık artımı (KA) testleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri sonucunda, su alma ve kalınlık artımı testlerinin tümünde, katkı maddesi ilavesi, örneklerin su alma ve kalınlık artımı değerleri üzerinde, ($p < 0.05$) güven düzeyinde önemli bir etki oluşturduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda, örnek grup ortalamalarına göre SA ölçümlerinde, en iyi değerler AK, en kötüsü ise BKL grubu, aynı şekilde, KA testlerinde de en iyi sonuçlar KL, en kötülere ise BKL ve AK örneklerinde elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, lif levhaların birleştirme ve yapıştırma benzeri işlemlerinde, en az su alma ve en az genişleme gösterdiği süreler ve katkı maddesi örnek grupları dikkate alınarak kullanılmasının boyut stabilitesi açısından daha uygun olduğu önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Lif levha, Kayın lifleri, Aktif karbon, Su alma, Kalınlık artımı

Determination of the effects of additives added to pu glue on dimensional stability in fiberboards

Abstract: Today, there is an increasing trend towards the use of forest products in the form of composites, since the use of forest products as a solid material cannot adequately meet the demand and increases the cost of use. For this reason, fiber boards (MDF), which is one of the basic raw materials of the forest products industry and manufactured from wood-based raw materials, were chosen as the test material. Additives with various properties (beech fiber, degraded beech fiber and active carbon) were added at different rates (2.5%, 5%, 7.5%) into the polyurethane (PU) glue. Then, the effects on the dimensional stability of the board during the joining and bonding processes were investigated by applying adhesive with filler on the surface of the medium density standard fiber boards. Shiitake (*Lentinus edodes*) fungi was used to degrade beech fibers. In the test samples prepared for this purpose, water absorption values and thickness swelling tests were performed at 2 h, 24 h, 48 h, 72 h, 96 h and 336 h (2 weeks). As a result of the statistical analyzes of the obtained data, it was determined that the addition of additives had a significant effect on the water absorption and thickness swelling values of the samples at the confidence level ($p < 0.05$). At the same time, in the water absorption values according to the sample group averages, the best values were measured in the additive of active carbon, and the worst in the degraded beech fiber group. Likewise, in thickness swelling tests, the best results were obtained in additive of beech fiber and the worst in additives of degraded beech fiber and active carbon samples. In line with these results, it is suggested that it is more suitable in terms of dimensional stability to be used in the related areas, considering the minimum water absorption and minimum expansion times and additive sample groups in the joining and bonding-like processes of fiberboards.

Keywords: Fiberboard, Beech fibers, Activated carbon, Water absorption, Thickness swelling

1. Giriş

Ülkemizde hızlı nüfus artışına ve ekonomik gelişmelere bağlı olarak son yıllarda ahşap esaslı levha sektörüne olan talep giderek artmıştır. Özellikle 21. yüzyılın başlarında itibaren, masif malzemenin pahalı olması, güç temin edilmesi, istenilen özelliklerde malzeme üretiminde yaşanan olumsuzluklar, 3 boyutta farklı çalışması ve yapısında meydana gelen gerilmeler, fiziksel değişimler vb. gibi

dezavantajlarından dolayı birçok alanda masifin yerini işlenmesi, temizliği ve bakımı kolay olan yüksek miktarlarda üretime olanak sağlayan kompozit olarak da adlandırılan ahşap esaslı levhalar kullanılmaya başlanmıştır (Eroğlu ve Usta, 2000; İstek vd., 2017).

Mobilya ve orman ürünleri endüstrisinin gelişmesinde 'yapıştırıcılar' önemli rol oynamıştır. Ahşap esaslı levhalarda en çok kullanılan malzeme tutkaldır. Zemin kaplamalarında, mutfak tezgahlarında, tavan ve duvar

^a Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Onikişubat, Kahramanmaraş

^b Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Bölümü, Kahramanmaraş

* Corresponding author (İletişim yazarı): aysenurkalic89@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 30.12.2021, Accepted (Kabul tarihi): 23.02.2022



Citation (Atf): Bektaş, İ., Düzkale Sözbir, G., Kılıç Ak, A., 2022. Lif levha yanal yüzeylerine farklı katkı maddeler içeren poliüretan tutkalı uygulamasının boyut stabilitesi üzerine etkileri. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 58-63. DOI: [10.18182/tjf.1051223](https://doi.org/10.18182/tjf.1051223)

karoları gibi alanlarda kullanılan farklı ahşap ürünlerinin (kontrplak, MDF, yonga levha, OSB, vb.), yapılarını korumak için önemli miktarda yapıştırıcı kullanılmaktadır (Ülker, 2017). Günümüzde ahşap esaslı levhalardan en fazla tercih edilen MDF ve yonga levha; mobilya, kağıt ve orman ürünleri 2020 yılı raporuna göre en fazla ihracatı yapılan ağaç ve ahşap eşya sektöründe ilk iki sırada yer almaktadır. 538.692.150 \$ MDF (orta yoğunluklu lif levha) ve lif levhalar ve 160.747.070 \$ yonga levha ihracatı bu malzemelere olan talebi açıkça göstermektedir (OMKO, 2020).

Mobilya sektöründe oldukça sıklıkla kullanılan ahşap esaslı levhalar kullanım yeri ve amacına göre doğrudan veya dolaylı olarak çeşitli fiziksel ve mekanik etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkiler mobilyayı oluşturan elemanlarda deformasyona sebep olmakta ve mobilyanın kullanım ömrünü kısaltmaktadır. Bu olumsuzlukların önüne geçmek amacıyla mobilya yapım tekniklerine uyulmalı ve mobilyayı oluşturan elemanların fiziksel ve mekanik özelliklerinin tespiti titizlikle yapılmalıdır (Efe ve Kasal, 2000; Karaman vd., 2017).

Kullanım yerinde maruz kalacakları ortamın özellikleri levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Higroskopik bir malzeme olan ahşap esaslı levhaların su alma eğilimi özellikle levhaların fiziksel performansı üzerinde oldukça etkilidir (Bardak ve Sözen, 2018).

Mobilya üretiminde sentetik reçinelerin geliştirilmesiyle teknik ve yapısal değişimler meydana gelmiş ve mekanik birleştirmelerin (çivi, vida vb.) yerini tutkal yardımı ile birleştirmeler almıştır (Atar, 2007). Ahşap elemanlar arasındaki yapıştırıcının bağlanma performansının, yapıştırıcının birbirine bağlı hücrelerin gözenekli ağına nüfuz etme derecesinden önemli ölçüde etkilendiği varsayılmaktadır. Bağ performansı ile ilişkiler kurmak amacıyla, mikroskopik inceleme ve ilgili teknikler yoluyla bağlanma performansı üzerine araştırmalar yapılmıştır. Ahşap türleri arasındaki farklılıklar, çok çeşitli yapıştırıcı uygulama, kürlenme süreçleri ve birçok yapıştırıcı kimyasalları ile formülasyonları kapsamlı genellemeleri zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, yapıştırma sorunlarının giderilmesi ve yeni yapıştırıcı sistemleri ve proseslerinin tasarlanması, yapıştırıcı penetrasyonunun temellerinin anlaşılmasıyla kolaylaştırılabilmektedir (Kamke ve Lee, 2007).

Bu amaçla bu çalışmada; PÜ tutkalı içerisine farklı tip ve oranlarda dolgu maddesi (kayın lifi, bozunmuş kayın lifi, aktif karbon) tutkala ilave edilerek kullanılan dolgu maddesi ve miktarının levhaların boyut stabilitesi üzerinde göstereceği farklılıkların ortaya konması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada, mobilya endüstrisinde en fazla kullanılan hammadde olan orta yoğunluklu ham MDF kullanılmıştır. MDF'ler ile madwolf marka poliüretan tutkalı Kahramanmaraş organize sanayisinden ve Tarkim – Carbon 300 kodlu odun bazlı aktif karbon satın alma yoluyla temin edilmiştir. Degrede olmuş (bozunmuş) lifler, kültür mantarı üretimi yapan Agroma Mantar (Denizli) tesisinden, elde edilmiştir.

2.2. Yöntem

Su alma ve kalınlık artımını belirlemek için 18 mm kalınlığında orta yoğunluklu lif levhalar kullanılmıştır. Test edilecek numuneler, 1200×2700×18 mm ham MDF'lerden TS-EN 326-1 (1999) esas alınarak 18×30×50 mm boyutlarında örnekler kesilerek hazırlanmıştır. Test ölçülerine getirilen levha örnekleri test kabini içerisinde (20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemde) ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar bekletilerek hava kuru rutubete getirilmiştir. Poliüretan tutkalına eklenen degrede (bozunmuş) kayın lifleri mantar misel atıklarını uzaklaştırmak için yıkanmış ardından kurutma işlemine tabii tutulmuştur. Kurutulan lifler sarsak elekte elenerek, 60 mesh ölçüsündeki lifler tutkal içerisine katkı maddesi olarak katılarak kullanılmıştır. Bu çalışmada katkı maddesi olarak, PÜ (Poliüretan) tutkalı içerisine %2.5, %5 ve %7.5 oranlarında bozunmuş lifler ve aktif karbon katılarak m²'ye 150 g tutkal gelecek şekilde numunelerin tüm yanal yüzeylerine tutkal uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ardından, belirli sürelerde saf su içerisinde bekletilen örneklerin su alma ve kalınlık artımı değerleri sırasıyla ASTM-D 1037 (1993) ve TS EN 317 (1999) standartlarına göre belirlenmiştir. Ayrıca, test grupları ortalamalarına göre numunelerin su alma ve kalınlık artım hızları, su alma ve kalınlık artım yüzdelere oranında suda bekletme sürelerine oranlanması (%/sa) ile hesaplanmıştır. Deneyleerde test edilecek numunelerinin katkı oranları ve hazırlanma düzenleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Sonuçlarının değerlendirilmesi ve yorumlanması amacı ile test numunelerinden elde edilen veriler, Basit Varyans Analizi (ANOVA) kullanılarak veri analizi ve sonuçlara ait çıkarımlar gerçekleştirilmiştir. Ortalamaların karşılaştırılmasında ise Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Laboratuvar ölçümleri sonucunda, üçer farklı konsantrasyonda, 3 farklı katkı maddesinin ilavesi ve PÜ tutkalı kullanılarak üretilmiş deney numunelerine uygulanan varyans analizi ve Duncan testlerinden elde edilen sonuçlar, çizelgeler yardımı ile aşağıda değerlendirilmiştir.

Su alma test örnekleri istatistiksel analizlere tabii tutulmuş ve elde edilen veriler Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Deney numunelerinin oluşturulma düzeni.

Örnek grubu	Katkı maddeleri	Tutkal (PÜ) (g)	Katkı oranı (%)
KN0	0 (Kontrol numunesi)	0	0
KL2.5	Kayın lifi	150	2.5
KL5.0	Kayın lifi	150	5.0
KL7.5	Kayın lifi	150	7.5
BKL2.5	Bozunmuş kayın lifi	150	2.5
BKL5.0	Bozunmuş kayın lifi	150	5.0
BKL7.5	Bozunmuş kayın lifi	150	7.5
AK2.5	Aktif karbon	150	2.5
AK5.0	Aktif karbon	150	5.0
AK7.5	Aktif karbon	150	7.5

Çizelge 2. Su alma testi analiz sonuçları

Örnek grubu	Süre (sa)	KMO (%)	Ortalama (%)	D (±)	Standart sapma	Standart hata	VAK (%)	DA (%)	Önem seviyesi
KN0		0	11.28f ^(*)	0	0.563	0.252	4.99	1.56	
KL2.5		2.5	3.92ab	-	0.588	0.263	14.99	1.37	
KL5.0		5.0	6.65e	-	2.277	1.018	34.23	5.61	
KL7.5		7.5	5.08cde	-	0.716	0.320	14.10	1.81	
BKL2.5	2	2.5	4.70abc	-	0.343	0.153	7.29	0.77	0.000
BKL5.0		5.0	9.58cde	-	10.279	4.597	24.37	3.43	
BKL7.5		7.5	12.32de	+	14.283	6.388	18.55	2.55	
AK2.5		2.5	3.63a	-	0.378	0.169	10.40	0.91	
AK5.0		5.0	3.63a	-	0.313	0.140	8.62	0.75	
AK7.5		7.5	3.70a	-	0.414	0.185	11.19	1.04	
KN0		0	30.28c	0	1.248	0.558	4.12	2.64	
KL2.5		2.5	16.38a	-	0.665	0.297	4.06	1.66	
KL5.0		5.0	23.19b	-	9.578	4.283	41.30	23.63	
KL7.5		7.5	20.40ab	-	2.129	0.952	10.43	5.02	
BKL2.5	24	2.5	20.29ab	-	1.542	0.690	7.60	3.57	0.000
BKL5.0		5.0	20.28ab	-	2.622	1.173	12.93	6.53	
BKL7.5		7.5	19.76ab	-	2.809	1.256	14.22	6.51	
AK2.5		2.5	17.34a	-	1.378	0.616	7.94	3.29	
AK5.0		5.0	16.93a	-	1.426	0.638	8.42	2.97	
AK7.5		7.5	19.53ab	-	1.842	0.824	9.43	4.76	
KN0		0	45.44c	0	1.963	0.878	4.32	4.53	
KL2.5		2.5	28.68a	-	1.247	0.557	4.35	3.08	
KL5.0		5.0	35.73ab	-	9.133	4.084	25.56	23.31	
KL7.5		7.5	35.87ab	-	2.459	1.100	6.86	5.45	
BKL2.5	48	2.5	34.37ab	-	1.988	0.889	5.78	4.76	0.048
BKL5.0		5.0	37.51ab	-	14.337	6.412	38.23	33.63	
BKL7.5		7.5	40.45ab	-	19.902	8.901	49.21	47.72	
AK2.5		2.5	32.54a	-	2.426	1.085	7.46	6.15	
AK5.0		5.0	32.91a	-	1.951	0.872	5.93	4.57	
AK7.5		7.5	28.85a	-	2.670	1.194	9.26	6.70	
KN0		0	60.78d	0	1.404	0.628	2.31	3.28	
KL2.5		2.5	41.96a	-	2.552	1.141	6.08	6.83	
KL5.0		5.0	48.65abc	-	10.285	4.600	21.14	27.17	
KL7.5		7.5	49.6abc	-	2.927	1.309	5.90	6.13	
BKL2.5	72	2.5	48.05abc	-	1.241	0.555	2.58	3.08	0.002
BKL5.0		5.0	53.29bcd	-	11.724	5.243	22.00	27.72	
BKL7.5		7.5	54.42bcd	-	16.658	7.450	30.61	39.57	
AK2.5		2.5	56.95cd	-	3.875	1.733	6.80	10.38	
AK5.0		5.0	58.09cd	-	3.731	1.669	6.42	10.10	
AK7.5		7.5	45.12ab	-	2.886	1.291	6.40	7.99	
KN0		0	64.61d	0	2.682	1.200	4.15	6.93	
KL2.5		2.5	48.81ab	-	1.500	0.671	3.07	3.79	
KL5.0		5.0	54.75abc	-	8.696	3.889	15.88	22.35	
KL7.5		7.5	56.83abc	-	3.156	1.412	5.55	7.11	
BKL2.5	96	2.5	52.11abc	-	1.691	0.756	3.24	4.43	0.001
BKL5.0		5.0	54.75bcd	-	10.372	4.638	16.67	23.74	
BKL7.5		7.5	61.36bcd	-	13.917	6.224	22.68	33.28	
AK2.5		2.5	60.57cd	-	3.185	1.424	5.26	7.80	
AK5.0		5.0	61.79cd	-	2.786	1.246	4.51	7.57	
AK7.5		7.5	51.49ab	-	2.131	0.953	4.14	4.95	
KN0		0	96.72bc	0	1.605	0.718	1.66	3.74	
KL2.5		2.5	85.92ab	-	0.931	0.417	1.08	2.26	
KL5.0		5.0	88.13abc	-	2.796	1.250	3.17	7.64	
KL7.5		7.5	92.48bc	-	3.384	1.513	3.66	7.95	
BKL2.5	336	2.5	96.68bc	-	7.832	3.503	8.10	19.35	0.002
BKL5.0		5.0	98.45d	+	4.470	1.999	4.54	11.26	
BKL7.5		7.5	97.49bc	+	7.129	3.188	7.31	19.86	
AK2.5		2.5	77.44a	-	21.944	9.814	28.34	51.48	
AK5.0		5.0	90.88bc	-	3.369	1.507	3.71	8.57	
AK7.5		7.5	86.64ab	-	4.050	1.811	4.67	10.58	

^(*)KMO: Katkı maddesi oranı, D: KN0 göre değişim, VAK: Varyasyon katsayısı, DA: Dağılım aralığı, ^(*)Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre anlamlı bir fark yoktur

Katkı maddesi oranı (KMO) parametresi, Çizelge 2'den de anlaşılacağı gibi, bekletme sürelerinin tamamında su alma sonuçları üzerinde istatistiki olarak reel bir ayrılık oluşturmuştur ($p < 0.05$). Kontrol örneği (KN0) ile katkı maddeleri arasındaki istatistiki ilişki suda bekletmelerin tamamında ($p < 0.05$) düzeyinde anlamlı sonuç vermiştir. KMO'lerinin konsantrasyonlarındaki artışlar kendi içinde değerlendirildiğinde, KL ve BKL örnek gruplarında su alma

değerlerinin çoğunlukla artışı, AK grubu örneklerinde ise en yüksek katkı oranında (%7.5) daha düşük su alma değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır. Katkı maddelerine ait grup ortalamaları dikkate alındığında, 2 sa (% 3.65), 24 sa (% 17.93), 48 sa (% 31.43) ve 336 sa (% 84.98) suda bekletmelerde en düşük su alma değerleri AK grubu örneklerde, 72 sa (% 46.74) ve 96 sa (% 53.47)'lik sürelerde ise en düşük değerler KL grubu örneklerde ölçülmüştür. Öte

yandan, KN0 kontrol grubu örneklerinde ölçülen su alma değerleri (% 11.28, 30.28, 45.44, 60.78, 64.61 ve 96.72), bir kaç istisna dışında (2sa'te BKL7.5 (% 12.32), 336 sa'te BKL5.0 (%98.45) ve BKL7.5 (%97.49)), diğer test grubu (KL, BKL ve AK) ölçümlerinden oldukça yüksek olarak gerçekleştiği yine Çizelge 2'den görülmektedir.

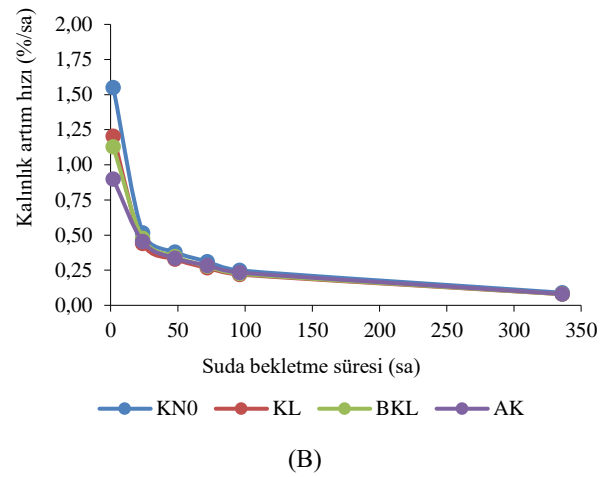
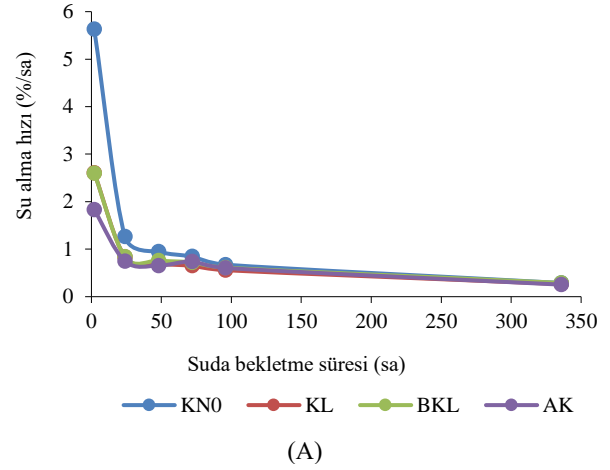
Bu sonuçlara göre, tutkala katılan AK katkı maddelerinin, levhanın su almaya yatkın yüzeylerinde bariyer görevi gördüğü açıktır. Hem 2 saat hem de 336 saatlik süre sonunda, AK grubu diğer katkılara göre daha az su alınımına, BKL grubu katkı maddeleri, KL grubuna göre daha fazla su alınımına neden olmuştur. Lignoselülozik katkı olan BKL ve KL katkılarının AK ya göre daha fazla su almasına yapısında bulunan hidroksil gruplarının neden olduğu düşünülmektedir (Hill, 2006). BKL katkı maddesi beyaz çürüklük mantarı ile tahribata uğramış olduğundan içerisindeki lignin miktarı azalmış bu durum daha fazla su sever yapıya dönüşmesine neden olmuştur (Lee vd., 2007). Yapılan bazı çalışmalarda da tutkal modifikasyonunun ve katkı maddelerinin, ağaç malzemenin özellikleri üzerine birçok etkisinin olduğunu vurgulanmıştır. (Söğütü ve Döngel, 2007; Mathew vd., 2011; Geng vd., 2017).

Çizelge 3'te, test örneklerinin kalınlık artımı ölçüm sonuçlarına uygulanan ANOVA ve Duncan testlerine ilişkin analiz sonuçları gösterilmektedir.

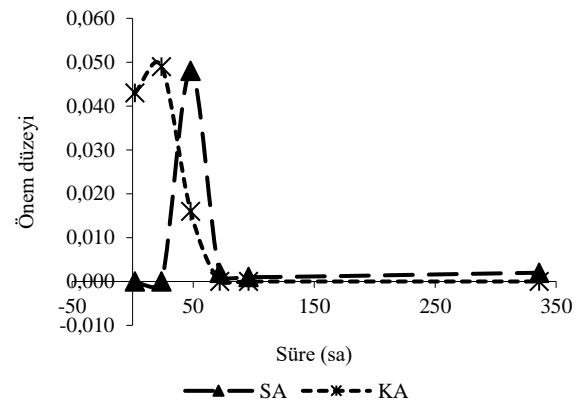
Uygulanan istatistik analiz sonuçları, kalınlık artım sürelerinin tamamında kontrol örneği (KN0) ve katkı maddeleri (KMO) arasında ($p < 0.05$) güven aralığında anlamlı farklılık ortaya koymuştur. Aynı zamanda, katkı maddesi ilaveli örneklerde 2, 24, 48, 72, 96, 336 sa'lik bekletme süreleri için hesaplanan kalınlık artım (KA) değerlerinin tümünde, kontrol numunesine (KN0) göre daha düşük (olumlu) sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuç üzerinde, katkı maddelerinin ve PÜ tutkalın etkileri birlikte değerlendirilmelidir. Bilindiği gibi, odun kompozitlerinin üretiminde kullanılan tutkallar (PÜ, PVA, ÜF vb.), sentetik tutkallardır (Carrol ve Bergin, 1967; Kardashov, 1973; Selbo, 1975; Skeist, 2012) ve odun yüzeyinde bariyer görevi görebilmektedir. Test levhalarının kalınlık artımları üzerine KMO ilavesinin etkisi incelendiğinde, 2 sa'lik sürede KL ve BKL, 24 sa'lik sürede BKL ve AK, 48 sa'lik sürede KL, 72 saatte BKL, 96 saatte KL ve 336 sa'lik süre ile suda bekletmede AK grubu örneklerde katılım yüzdesinin artmasına bağlı olarak levhalarda ölçülen KA değerleri de artış göstermiştir. Diğer örnek gruplarında ise genel olarak, 2, 24, 48 ve 72 sa suda bekletmelerde %5.0 katılım oranı diğer yüzdelere (%2.5 ve 7.5) nazaran daha yüksek, 96 ve 336 saatlik sürelerde ise daha düşük KA değerleri vermiştir. Örnek grup ortalamaları baz alındığında, 2 sa hariç tüm testlerde en düşük kalınlık artımı değerleri KL grubu örneklerinde % 10.57 (24 sa), % 15.78 (48 sa), % 19.46 (72 sa), % 21.03 (96 sa) ve % 26.64 (336 sa) olarak ölçülmüştür. Ortalamalar bazında ikinci derece olumlu sonuçlar AK, en yüksek (olumsuz) kalınlık artım yüzdeleri ise BKL örneklerinde tespit edilmiştir. *Lentinus edodes* mantarı tarafından bozunmuş liflerin, holoselüloz miktarı normal liflere göre yüksektir. Bu durum hidrofilik özellik gösteren bozunmuş liflerin daha yüksek su tutma özelliği göstermesinin nedeni olarak düşünülmektedir. (Vane, 2003; Fabiyi vd., 2011; Ge vd., 2018).

Şekil 1'deki grafiklere göre, test örneklerinin su alma ve kalınlık artım hızları ile suda bekletme süreleri arasında ters orantılı bir seyir söz konusudur. Özellikle 2 sa'lik sürelerde her iki test için de su alma ve kalınlık artım hızları maksimum

iken, bu değer iki haftalık sürede en düşük değerine inmektedir. Diğer önemli bir sonuçta, KN0 grubu örneklerde katkı maddeli gruplara göre su alma ve alınlık artım hızlarının oldukça yüksek olmasıdır. Bu, kullanım alanları açısından dikkate değer bir sonuçtur.



Şekil 1. Su alma (A) ve kalınlık artımı (B) hızları ile suda bekletme süreleri arasındaki ilişki



Şekil 2. KMO ile SA ve KA değerleri için hesaplanan önem düzeyleri arasındaki ilişki

Şekil 2'de yer alan grafikteki eğriler ele alındığında, ANOVA sonucunda hesaplanan katkı oranlarının su alma ve kalınlık artımı üzerindeki etkilerini gösteren önem düzeylerinin, 48 saatlik suda bekletme süresinden itibaren birbirine paralel seyrettiği görülebilir. KMO ile SA arasında 48 sa'lık süredeki su almalarda önem düzeyi $p < 0.48$ iken,

diğer sürelerde ($p < 0.002-0.000$) güven aralığında gerçekleşmiştir. KMO ile KA verileri arasındaki anlam düzeyleri ise 2 ve 24 sa süreler için güven aralığı ($p < 0.043-0.049$), geriye kalan sürelerde ise söz konusu ilişki ($p < 0.016-0.000$) güven aralığında gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. Kalınlık artımı testlerinde hesaplanan analiz çıktıları

Örnek grubu	Süre (sa)	KMO (%)	Ortalama (%)	D (±)	Standart sapma	Standart hata	VAK (%)	DA (%)	Önem seviyesi
KN0		0	3.10c(*)	0	0.415	0.186	13.40	1.14	
KL2.5		2.5	2.09abc	-	1.127	0.504	53.96	2.72	
KL5.0		5.0	2.56bc	-	1.085	0.485	42.42	2.66	
KL7.5		7.5	2.57bc	-	1.073	0.480	41.81	2.67	
BKL2.5	2	2.5	2.12abc	-	0.174	0.078	8.18	0.43	0.043
BKL5.0		5.0	2.17abc	-	0.305	0.136	14.03	0.72	
BKL7.5		7.5	2.48bc	-	0.453	0.202	18.25	1.27	
AK2.5		2.5	1.36a	-	0.553	0.247	40.52	1.38	
AK5.0		5.0	2.21abc	-	1.012	0.452	45.83	2.68	
AK7.5		7.5	1.82ab	-	0.357	0.160	19.59	0.93	
KN0		0	12.35c	0	0.403	0.180	3.26	0.94	
KL2.5		2.5	9.22a	-	0.829	0.371	8.99	2.07	
KL5.0		5.0	11.30bc	-	2.265	1.013	20.05	5.81	
KL7.5		7.5	11.19bc	-	1.753	0.784	15.67	4.59	
BKL2.5	24	2.5	11.02bc	-	0.643	0.288	5.84	1.68	0.049
BKL5.0		5.0	11.40bc	-	0.477	0.213	4.18	1.16	
BKL7.5		7.5	11.56bc	-	0.948	0.424	8.20	2.16	
AK2.5		2.5	10.49ab	-	1.253	0.560	11.94	3.17	
AK5.0		5.0	10.92bc	-	1.247	0.558	11.43	2.89	
AK7.5		7.5	11.22bc	-	1.260	0.563	11.23	3.35	
KN0		0	18.20c	0	0.280	0.125	1.54	0.66	
KL2.5		2.5	14.77a	-	0.916	0.410	6.20	2.36	
KL5.0		5.0	16.01ab	-	1.647	0.736	10.28	4.42	
KL7.5		7.5	16.56bc	-	0.731	0.327	4.42	1.76	
BKL2.5	48	2.5	16.71bc	-	0.517	0.231	3.09	1.41	0.016
BKL5.0		5.0	16.88bc	-	1.886	0.843	11.17	4.84	
BKL7.5		7.5	16.45ab	-	1.711	0.765	10.40	4.62	
AK2.5		2.5	15.69ab	-	0.977	0.437	6.23	2.48	
AK5.0		5.0	16.33ab	-	1.265	0.566	7.74	2.83	
AK7.5		7.5	16.31ab	-	1.199	0.536	7.35	3.25	
KN0		0	22.39c	0	0.457	0.204	2.04	1.18	
KL2.5		2.5	18.83a	-	1.254	0.561	6.66	3.27	
KL5.0		5.0	18.83ab	-	1.053	0.471	5.59	2.53	
KL7.5		7.5	19.82bc	-	0.439	0.196	2.21	1.22	
BKL2.5	72	2.5	19.66bc	-	0.222	0.099	1.13	0.47	0.000
BKL5.0		5.0	20.07bc	-	0.767	0.343	3.82	1.82	
BKL7.5		7.5	20.14ab	-	0.475	0.212	2.36	1.18	
AK2.5		2.5	20.75ab	-	0.446	0.199	2.15	0.89	
AK5.0		5.0	20.98ab	-	0.856	0.383	4.08	1.99	
AK7.5		7.5	19.51ab	-	0.796	0.356	4.08	2.17	
KN0		0	23.86d	0	0.339	0.152	1.42	0.84	
KL2.5		2.5	20.67a	-	0.884	0.395	4.28	2.25	
KL5.0		5.0	20.86a	-	0.977	0.437	4.68	2.46	
KL7.5		7.5	21.57ab	-	0.393	0.176	1.82	1.00	
BKL2.5	96	2.5	21.97b	-	0.226	0.101	1.03	0.57	0.000
BKL5.0		5.0	21.34ab	-	0.440	0.197	2.06	0.97	
BKL7.5		7.5	21.35ab	-	0.687	0.307	3.22	1.65	
AK2.5		2.5	22.18bc	-	0.749	0.335	3.38	1.80	
AK5.0		5.0	23.04cd	-	0.980	0.438	4.26	2.35	
AK7.5		7.5	21.86b	-	0.829	0.371	3.79	2.17	
KN0		0	30.09c	0	0.536	0.240	1.78	1.28	
KL2.5		2.5	26.35a	-	0.785	0.351	2.98	2.20	
KL5.0		5.0	26.07a	-	1.322	0.591	5.07	3.33	
KL7.5		7.5	27.49ab	-	0.573	0.256	2.08	1.40	
BKL2.5	336	2.5	27.30ab	-	0.425	0.190	1.56	1.17	0.000
BKL5.0		5.0	26.28a	-	1.227	0.549	4.67	3.34	
BKL7.5		7.5	26.52ab	-	1.643	0.735	6.20	3.99	
AK2.5		2.5	26.53ab	-	1.215	0.543	4.58	3.19	
AK5.0		5.0	27.00ab	-	1.053	0.471	3.90	2.91	
AK7.5		7.5	27.98b	-	1.108	0.496	3.96	2.73	

(*)KMO: Katkı maddesi oranı, D: KNO'ye göre değişim, VAK: Varyasyon katsayısı, DA: Dağılım aralığı, (†)Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre anlamlı bir fark yoktur.

4. Sonuç ve öneriler

Standart metotlarla üretilmiş lif levha örneklerinin yüzeylerine uygulanan PÜ tutkalı ve muhtelif katkı maddeleri karışımının, kompozit materyalin öne çıkan fiziksel özelliklerinden su alma (SA) ve kalınlık artımı (KA) üzerine etkileri ve boyutlarındaki değişmelerin araştırıldığı bu çalışmada aşağıdaki çıktılara ulaşılmıştır;

Levhaların test edilen tüm suda bekletme sürelerinde (2, 24, 48, 72, 96, 336 sa), KMO tür ve katılım oranları SA ve KA değerleri üzerinde, varyans analizi sonuçlarına göre ($p < 0.05$) güven düzeyinde anlamlı farklılıklar oluşturmuştur.

KN0 (Kontrol numunesi) verilerinde, su alma ve kalınlık artımı ölçümlerinde katkı ilaveli numune gruplarından (KL, BKL ve AK), su almadaki birkaçı dışında (2sa'te BKL7.5 (%12.32), 336 sa'te BKL5.0 (%98.45) ve BKL7.5 (%97.49)) daha yüksek (kötü) sonuçlar elde edilmiştir.

Örnek grup ortalamaları esas alındığında, su alma deneyi verilerine göre, katkı maddeleri arasında boyut stabilitesi bakımından en iyi sonuç AK, en kötü sonuç ise BKL grubu numunelerinde ölçülmüştür. Aynı şekilde, kalınlık artım bulgularında da en iyi değerler KL, en kötü veriler ise BKL ve AK gruplarında tespit edilmiştir.

Numune grupları, konsantrasyonları (%2.5, 5.0 ve 7.5) bakımından ele alındığında, su alma testlerinde genel olarak, SA değerleri ile iştirak yüzdeleri arasında orantısal bir artış olduğu söylenebilir. Kalınlık artımı deneylerinde ise genellikle yüksek değerler, %5.0 katılım oranlarında ölçülmüştür.

Bu değerlendirmeler ışığında, lif levhaların TS EN ve kavelalı birleştirilmelerinde yapıştırıcı olarak kullanılacak tutkalın içerisine, su alma için Çizelge 2'de ve kalınlık artımı için Çizelge 3'te ortaya konan analiz sonuçları da dikkate alınarak, boyut stabilitesinin dengelenmesi yönünde en fazla etkiyi gösterecek katkı maddesi ve yüzdesinin seçilmesi ve kullanılması önerilebilir.

Kaynaklar

- ASTM-D 1037, 1993. Standard methods of evaluating the properties of wood base fiber and particle panel materials. Annual Book of ASTM Standarts, USA.
- Atar, M., 2007. PVAc tutkalında viskozite değişiminin bazı ağaç malzemelerde yapışma direncine etkileri. Politeknik Dergisi, 10(1): 85-91.
- Bardak, T., Sözen, E., 2018. Yonga levha ve lif levhaların su alma davranışlarının dijital görüntü korelasyon (dkg) yöntemi ile karakterize edilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 20(3): 525-534.
- Carroll, M.N., Bergin, E.G., 1967. Catalyzed PVA emulsions as wood adhesives. Journal of Natural Products, 17: 45-50.
- Efe, H., Kasal, A., 2000. Kutu konstrüksiyonlu sabit ve demonte mobilya köşe birleştirmelerde çekme direnci. Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 8(8): 61-74.
- Eroğlu, H., Usta, M., 2000. Lif Levha Üretim Teknolojisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No:200, Fakülte Yayın No:30, s:351, Trabzon, Türkiye.
- Fabiyyi, J.S., McDonald, A.G., Morrell, J.J., Freitag, C., 2011. Effects of wood species on durability and chemical changes of fungal decayed wood plastic composites. Composites: Part A, 42: 501-510. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.01.009>

- Geng, S., Ullah Shah, F., Liu, P., Antzutkin, O.N., Oksman, K., 2017. Plasticizing and crosslinking effects of borate additives on the structure and properties of poly(vinyl acetate). RSC Advances, 7: 7483-7491. DOI: 10.1039/C6RA28574K
- Ge, S., Chen, X., Dongli Li, D., Liu, Z., Ouyang, H., Peng, W., Zhang, Z., 2018. Hemicellulose structural changes during steam pretreatment and biodegradation of *Lentinus edodes*. Arabian Journal of Chemistry, 11: 771-781. <https://doi.org/10.1016/j.arabj.2017.12.022>
- Hill, C.A.S., 2006. Wood Modification: Chemical, Thermal and other processes. Wiley Series in Renewable Resources, John Wiley and Sons. Inc., Chichester, UK.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., Kızılkaya, A., 2017. Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1): 132-138. DOI:10.24011/barofd.297231
- Kamke, F.A., Lee, J.N., 2007. Adhesive penetration in wood – A review. Wood and Fiber Science, 39: 205-220.
- Karaman, A., Güven, Ş., Yeşil, H., Yıldırım, M.N., 2017. Farklı tutkallar kullanılarak hazırlanan mobilya köşe birleştirmelerinde diyagonal çekme ve basınç kuvvetinin belirlenmesi. Teknik Bilimler Dergisi, 7(2): 26-36.
- Kardashov, D.A., 1973. Synthetic adhesives. No. FSTC-HT-23-1168-73. Army Foreign Science and Technology Center. CharloJesvillej VA., Russian.
- Lee, J.W., Gwak, K.S., Park, J.Y., Park, M.J., Choi, D.H., Kwon, M., Choi, I.G., 2007. Biological pretreatment of softwood *Pinus densiflora* by tree white rot fungi. Journal of Microbiology, 45(6): 485-491.
- Mathew, A.P., Gong, G., Bjorngrim, N., Wixe, D., Oksman, K., 2011. Moisture absorption behavior and its impact on the mechanical properties of cellulose whiskers based polyvinylacetate nanocomposites. Polymer Engineering & Science, 51(11): 2136-2142. <https://doi.org/10.1002/pen.22063>
- OMKO, 2020. Mobilya, Kağıt Ve Orman Ürünleri Sektörü 2020 Yılı Raporu, https://www.omko.org.tr/uploads/mobilya_sektor_eki-2020.pdf, Erişim: 25.03.2022.
- Selbo, M.L., 1975. Adhesive bonding of wood. Technical Bulletin No. 1512. US Department of Agriculture Forest Products Laboratory, Madison, WI.
- Skeist, I., 2012. Handbook of Adhesives. Springer Science & Business Media, New Jersey. DOI: 10.1007/978-1-4613-0671-9
- Söğütü, C., Döngel, N., 2007. Polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan (PU) tutkalları ile yapıştırılmış bazı yerli ağaçlarda çekmede makaslama dirençleri. Journal of Polytechnic, 10(3): 287-293. DOI:10.2339/2007.10.3.287-293
- TS-EN 326-1, 1999. Ahşap esaslı levhalar, numune alma kesme ve muayene, Bölüm 1: Deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi, TSE, Ankara.
- TS EN 317, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar-Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. TSE, Ankara.
- Ülker, O., 2017. Wood adhesives and bonding theory. Chapter from the book Adhesives - Applications and Properties, Chapter 11, pp. 270-288.
- Vane, C.H., 2003. Monitoring decay of black gum wood durig growth of the shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) using diffuse reflectance infrared spectroscopy. Applied Spectroscopy, 57: 514-517. Doi: 10.1366/000370203321666515.