

Bazı Yapraklı ve İbrelî Ağaçlardan Üretilen Thermowood Panellerde Farklı Su Bazlı Vernik Katmanları Yüzey Özellikleri

Different Water-Based Varnish Layers Surface Characteristics in Thermowood Panels Produced From Some Hardwoods and Softwoods

 Ayhan AYTIN¹,  Nevzat ÇAKICIER²,  Süleyman KORKUT²

Özet

Bu çalışmada ThermoWood® yöntemi ile ısı işlem uygulanan bazı ağaç türlerinde vernik katmanlarının koruyucu etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, Türkiye’de doğal olarak yetişmekte olan, Titrek kavak (*Populus tremula*), Dişbudak (*Fraxinus angustifolia*), Doğu ladini (*Picea orientalis*) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana*) ağaçları kullanılmıştır. Bu ağaçlardan hazırlanan paneller ThermoWood® metodu ile ısı işleme tabi tutulmuşlardır. Ardından panellere tek bileşenli (STB), çift bileşenli (SÇB) ve renkli (SRV) olmak üzere üç farklı su bazlı vernik (SBV) ile yüzey işlemi uygulanmıştır. Vernikleme işlemi sonrası panellerde katman kalınlığı (ASTM D 6132), pandüllü sertlik (ASTM-D 4366), yüzeye yapışma direnci (Adhesion test apparatus 525-25) (ASTM D-4541), yüzey pürüzlülüğü (ISO 4287), ve parlaklık (ASTM-d 523) testleri yapılmıştır. Böylece hem ısı işlem hem de su bazlı vernik sistemleri gibi çevre dostu üretim tekniklerinin yaygınlaştırılmasına destek olmak hem de Türkiye’de doğal olarak yetişmekte olan dört ağaç türünün ısı işlem bakımından değerlendirilme potansiyeli üzerinde durulması amaçlanmıştır. Test sonuçlarına göre katman kalınlığı, pandüllü sertlik, yüzeye yapışma direnci, yüzey pürüzlülüğü ve parlaklık ölçümlerinde sırası ile olmak üzere en düşük ve en yüksek değerler 45.56, 55.41; 42.3,107; 2.63, 6.90; 0.859, 3.977; 4.76, 21.56 olarak belirlenmiştir.

Isı işlem sıcaklığı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün de arttığı; Ancak tüm SBV gruplarında parlaklık değerlerinde de azalma olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Thermowood, ısı işlem, su bazlı vernik, adhezyon

Abstract

In this study, the protective effect of varnish layers was investigated on some wood species that were heat treated with ThermoWood® method. In the study, aspen (*Populus tremula*), Ash (*Fraxinus angustifolia*), Eastern spruce (*Picea orientalis*) and Uludağ fir (*Abies bornmülleriana*) trees growing naturally in Turkey were used. Panels prepared from these trees were heat treated with the ThermoWood® method. Then, the panels were surface treated with three different water-based varnishes (SBV), one-component (STB), two-component (SÇB) and colored (SRV). Layer thickness (ASTM D 6132), pendulum hardness (ASTM-D 4366), surface adhesion resistance (Adhesion test apparatus 525-25) (ASTM D-4541), surface roughness (ISO 4287), and gloss (ASTM) on the panels after the varnishing process -d 523) tests were performed. Thus, it is aimed to support the dissemination of environmentally friendly production techniques such as heat treatment and water-based varnish systems, as well as to focus on the evaluation potential of four wood species growing naturally in Turkey in terms of heat treatment. According to the test results, the lowest and highest values in layer thickness, pendulum hardness, surface adhesion resistance, surface roughness and gloss measurements were respectively; 45.56, 55.41, 42.3,107; 2.63, 6.90; 0.859, 3.977; 4.76 is determined as 21.56. As the heat treatment temperature increases, the surface roughness also increases; However, it was determined that there was a decrease in brightness values in all SBV groups.

Keywords: Thermowood, heat treatment, water borne varnish, adhesion

Geliş Tarihi: 04.11.2022, Düzeltme Tarihi: 23.12.2022, Kabul Tarihi: 26.12.2022

Adres: ¹Düzce Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Mobilya Dekorasyon Bölümü, Düzce

²Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce

E-mail: ayhanaytin@duzce.edu.tr

1. Giriş

Ağaç malzemenin doğal karakteristiklerinden kaynaklanan kullanım özellikleri çeşitli faktörlerin etkisi altında istenmeyen sonuçların ortaya çıkmasına sebebiyet verebilmektedir. Çeşitli araç, gereç ve teknikler ile; yeni yöntemler geliştirilerek odunun daha verimli ve etkin kullanımı söz konusu olabilmektedir. Örneğin çeşitli kimyasal maddeler ile emprenye edilmesi, kullanım yerine uygun çeşitli koruyucu ve katman yapıcı maddelerle üst yüzey işlemi yapılması veya kimyasal olmayan konstrüktif önlemlerle (doğal, biyolojik ve alternatif odun koruması) dayanımı arttırabilmektedir (Kurtoğlu, 1984). Bununla birlikte gittikçe önem kazanan çevre bilinci, insan ve çevre sağlığına zararlı olan kimyasal maddelerin elimine edilmesini zorunlu hale getirmekte olup önemli bir ağaç malzeme kullanma bilincine sahip İsveç'te 1990 yılından beri çevreye zararlı 117 koruyucu maddenin kullanımı yasaklanmış bulunmaktadır (Johansson, 2005). Bu durum daha çok çevre dostu üretim sistemlerinin geliştirilmesine öncelik verilmesini gerektirmektedir.

Isıl işlem özellikle son yıllarda ağaç malzemedan elde edilen ürünler için yeni bir üretim yöntemi olarak kabul edilmekte ve ısıl işlem görmüş ağaç malzeme gittikçe daha fazla miktarda piyasada yer bulmaya başlamıştır. Yapısını değiştirmeden ağaç malzeme boyutsal stabiliteyi iyileştiren ısıl işlem aynı zamanda biyolojik bozulmaya karşı da dayanıklılık sağlamakta, böylece çevreye zararlı etkisi bilinen bazı kimyasal maddelerin kullanımına gerek bulunmamaktadır. Bu yönü ile bakıldığında Avrupa'da çeşitli araştırma grupları tarafından geliştirilen ısıl işlem yöntemleri ile üretilen ağaç malzemeler piyasalarda ısıl işlem görmüş ağaç malzeme yer almaya başlamıştır (Anonim, 2010). Isıl işlem ağaç malzeme özelliklerini iyileştirmekle birlikte tek başına yeterli korumayı sağlamamaktadır.

Üst yüzey işlemlerine tabi tutmak ve yüzeyde koruyucu bir katman oluşturmak bu bakımdan önemli bulunmaktadır. Yine çevresel etkiler göz önünde bulundurulduğunda üst yüzey işlem materyallerinin seçiminde çevre ve insan sağlığına zararlı olmayan maddelerin kullanımın teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir. Örneğin uçucu organik bileşen miktarının düşük olduğu SBV sistemlerinin kullanılmasının yaygınlaştırılması atılacak adımların başında gelmektedir. Son yıllarda SBV endüstrisinde oldukça önemli gelişmeler meydana gelmiş, böylece dış kullanımlarda solvent bazlı verniklere alternatif ürünlerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Çevre hassasiyeti üzerinden değerlendirildiğinde, SBV bu kapsamda önemli bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Dispersiyon olarak tanımlanan su bazlı (SB) yüzey işlemleri, bu alandaki en yeni gelişmelerden birisidir. Geliştirilen bu tür yüzey işlemlerinin, uygulamadaki başarı düzeyi

ile ilgili kesin bilgiler henüz tam olarak edinilememiştir. Ancak bugüne kadar elde edilen bilgilerden dispersiyonların çok olumlu sonuçlar vermekte olduğu söylenebilmektedir. Son yıllarda bağlayıcı reçineler alanında yaşanan gelişmeler SB sistemlerin iyileştirilmesini ve daha çok formüle edilmesine olanak sağlamıştır. Alkidler, poliesterler, akrilikler, poliüretanlar ve daha pek çok başka reçineden çok düşük düzeylerde uçucu organik bileşikler (VOC) içeren dispersiyonlar hazırlanabilmektedir. Su bazlı vernikler ağaç malzemenin rengini değiştirmeyen, çoğunlukla renksiz, kokusuz üretilen ve sararmayan kimyasal reaksiyon kurumalıdır. Öte yandan poliüretan bağlayıcıların ürüne kazandırdığı özellikler kullanım alanlarının çeşitliliği bakımından önemli bulunmaktadır (Yıldız, 1999).

Tüm kullanım ortamı şartları dikkate alındığında ağaç malzemenin servis ömrü süresince performansını etkileyen faktörlerin etki derecesinin belirlenmesi ve uygulayıcılara ışık tutması amacı ile yaşlandırma testleri uygulanmaktadır. Bu amaçla son yüzyılda doğal test istasyonları kurulmuş ve laboratuvarlarda kullanılmak üzere yaşlandırma cihazları geliştirilmiştir (Anonim, 2012).

Isıl işlem görmüş ağaç malzemelerin gittikçe yaygınlaşması ile kullanımın artması bu tür malzemeler üzerinde farklı çalışmaları cazip hale getirmiştir. Modifiye yapısı nedeni ile doğal yapısından çeşitli özellikleri bakımından farklılık gösteren bu malzemelerin fayda derecesini daha üst seviyeye çıkarabilmek adına üst yüzey işlem maddeleri ile etkileşimlerinin araştırılması önemli bulunmaktadır. Bu kapsamda çok sayıda üst yüzey işlem maddesi ile uygulama yapılmakta ve araştırma sonuçları yayınlanmaktadır. Günümüzde çevresel duyarlılık dolayısı ile çevre dostu olduğu bilinen SBV kullanımını bu manada özel bir önem arz etmektedir.

Üst yüzey işlem maddeleri uygulanmış oldukları yüzeylerde bir katman meydana getirmekte, bu katmanın sahip olduğu özellikleri sayesinde ağaç malzemenin kullanımı ile ilgili olarak estetik, koruyucu, ekonomik ve temizlik olmak üzere üst yüzey işlemlerinin dört ana uygulama amacını yerine getirmesi beklenmektedir (Kurtoğlu, 2000).

Isıl işlem görmüş ağaç malzemelerin gittikçe yaygınlaşması ile kullanımın artması bu tür malzemeler üzerinde üst yüzey işlemleri de dahil olmak üzere farklı çalışmaları cazip hale getirmektedir. Üst yüzey işlemlerinin ısıl işlem görmüş ağaç malzeme kullanımındaki etkilerini belirlemek üzere literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Atar ve ark. (2019), Isıl İşlemin Vernikli Ağaç Malzemedeki Renk Değişimine Etkisi; Ayata ve Çakıcıer (2018), Isıl İşlem Görmüş (ThermoWood) ve Su Bazlı Vernik Uygulanmış Bazı Ağaç Türlerinde Hızlandırılmış UV Yaşlandırmanın Yüzeye Yapışma Direncine Etkisi; Altun ve Esmer (2017), Isıl İşlemin Bazı Ağaç Malzemelerde Yüzey Pürüzlülüğü ve Vernik Yapışma

Direncine Etkisi; Güler (2010), Bazı ağaç türlerinde ısı işlem uygulamasının vernik katman özellikleri üzerine etkisi; Perçin ve Uzun (14), Isıl işlem uygulanmış bazı ağaç malzemelerde yapışma direncinin belirlenmesi [11]; Aytin ve ark. (2016), Isıl İşlem Uygulanmış Yabani Kiraz Odununda Vernik Katmanlarının Yüzeye Yapışma Direnci Üzerine Hızlandırılmış Yaşlandırmanın Etkisi; Gürleyen ve ark. (2017), Isıl işlemin iki farklı UV vernik uygulaması ile sarıçam lamine parkenin yapışma mukavemeti, sarkaç sertliği, yüzey pürüzlülüğü, renk ve parlaklık üzerine etkileri .

Çalışmada, Türkiye’de doğal olarak yetişmekte olan, Titrek kavak (*Populus tremula*), Dişbudak (*Fraxinus excelsior*), Doğu ladini (*Picea orientalis*) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana*) ağaçlarından üretilen ThermoWood® panellere uygulanan su bazlı vernik katmanlarının kullanım bakımından önemli bazı özellikleri araştırılmıştır. Böylece hem ısı işlem hem de su bazlı vernik sistemleri gibi çevre dostu üretim tekniklerinin yaygınlaştırılmasına destek olmak hem de Türkiye’de doğal olarak yetişmekte olan dört ağaç türünün ısı işlem bakımından değerlendirilme potansiyeli üzerinde durulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Ağaç türleri

Ağaç türleri TS 4176 (1984)’e göre Çizelge 1’de verilen bölgelerden temin edilmiştir.

Çizelge 1. Çalışma ağaçları ile ilgili bilgiler.

No	Ağaç Adı	İl	Yer
1	Titrek kavak (TK)	Düzce	Düzce Orman İşletme Müdürlüğü Odayeri Şefliği
2	Dişbudak (DBK)	Adapazarı	Hendek İşletme Müdürlüğü
3	Doğu ladini (DL)	Trabzon	Düzköy İşlete Şefliği (Akçaabat)
4	Uludağ göknarı (UG)	Düzce	Düzce Orman İşletme Müdürlüğü Odayeri Şefliği

2.2. ThermoWood®

Deneme ağaçlarından boyut toleransları verilerek 26x100x600 mm ölçülerinde taslaklar hazırlandıktan sonra, taslaklar Novawood Orman Ürünleri Fabrikasında (Gerede/Bolu) ThermoWood® yöntemi ile 190 ve 212° sıcaklık ve 1 saat süre işleme tabi tutulmuş ve ThermoWood® paneller hazırlanmıştır. Kontrol örnekleri (KÖ) ve ThermoWood® paneller ile birlikte ortalama 20±2 °C sıcaklık ve %60±5 bağıl nemli iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmişlerdir. Çalışmada kullanılan test varyasyonları ve kısaltmalar Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan test varyasyonları ve kısaltmalar.

Varyasyon	Kısaltma
Kontrol örneği	K
190°C 1 saat	HT1 (Isıl İşlem)
212°C 1 saat	HT2 (Isıl İşlem)

2.3. Vernik ve vernik uygulama esasları

Çalışmada farklı özelliklere sahip SBV kullanılmış olup, vernik bilgileri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Verniklerin uygulama ile ilgili temel karakteristikleri.

Vernik adı ve kısaltması	Viskozite	Uygulama	Uyg.mi k. (gr/cm ²)	Metod	Katı madde miktarı
Su bazlı tek bileşenli(STB)	DIN 4 kabında 20°C de 11 sn. DIN 6 kabında 20°C de 45-55 sn.	FX 6150 Astar 2 kat, FX 7680 Son kat 2 Kat	65-125 80-150	Daldırma 1,8 Pistole	19% ± 2 43%±2
Su bazlı çift bileşenli (SÇB)	DIN 4 kabında 20°C de 11 sn. DIN 4 kabında 20°C de 35-45 sn	FX 6150 Astar 2 kat FX 0820 2 Kat (%20 AX 115 Sert. ve % 10 Su ilaveli)	65-125 60-100	Daldırma 1,8 Pistole	19% ± 32%±2
Su bazlı renk (SRV)	DIN 4 kabında 20°C 26-33 sn. DIN 4 kabında 20°C de 45-55 sn.	FX 7060-A Astar 2 kat FX 7560 Son kat 2 Kat	60-80 70-110	Daldırma 1,8 Pistole	33% ± 2 34%±2

Çalışmada kullanılan SBV, Dual Boya Firmasının Aquacool adı ile piyasada bulunan ürünlerinden seçilmiştir. ThermoWood® paneller kalibre zımpara makinesi ile endüstriyel uygulamalara uygun olarak 100 ve 180 numaralı zımparalar ile perdelenerek üst yüzey işlemlerine hazır hale getirilmiştir. Üst yüzey işlemi Dual Boya Firmasının önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. Buna göre birinci kat astar uygulaması yapıldıktan sonra 20°C ortam sıcaklığında 3 saat beklenmiş, böylece kuruyan vernik filmi 400 numara su zımparası ile zımparalanmış ve tozlar temizlendikten sonra ikinci kat uygulaması yapılmıştır. Tam kuruması sağlanan astar katı 400 numara zımpara ile zımparalanarak tozlar temizlendikten sonra STB, SÇB ve SRV ile son kat vernik uygulamalarına geçilmiştir. Örneklerin kenar ve baş kısımları, vernik uygulanarak kapatılmıştır. Vernikleme işleminden sonra ölçüm ve testlere geçmeden önce paneller önce doğal hava ortamında iki hafta, ardından %65 bağıl nem 20±2°C’a sahip iklimlendirme odasında 24 gün dinlenmeye bırakılmışlardır.

2.3. Katman kalınlığı değerlerinin belirlenmesi

Vernikli yüzeylerde katman kalınlığının belirlenmesi ASTM D 6132 (2008) standartlarına göre ultrasonik kaplama kalınlığı ölçüm cihazı Positector 200 gerçekleştirilmiştir.

2.4. Yüze yapışma direnci (Adhezyon) değerlerinin belirlenmesi

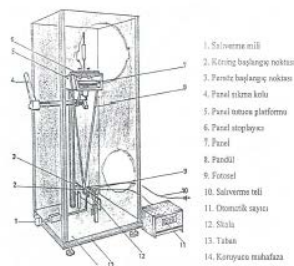
Yüze yapışma direncinin (Adhezyon) ASTM D-4541 (1995) standartlarına göre Adhesion test cihazı 525-25 ile gerçekleştirilmiştir.

2.5. Pandüllü sertlik değerlerinin belirlenmesi

Pandüllü sertlik ölçümleri ASTM-D 4366 (1984) standardına göre Şekil 2'de gösterilen pandüllü sertlik ölçme cihazı ile Köning metoduna göre belirlenmiştir. Cihaz, numune yüzeyine temas eden, sertliği 63 ± 3.3 HRC, çapı 5 ± 0.0005 mm olan iki bilye ve pandül salınımları ile katman sertliğini belirlemektedir. Cihaz ölçümlerden önce kalibre camı ile 40 saniyede 100 salınım verecek şekilde kalibre edilmiştir (Çakıcıer, 2007). Pandüllü sertlik ölçme cihazı şematik olarak ve deneme örneğinin yerleşimi Şekil 1'de verilmiştir.

2.6. Yüzey pürüzlülüğü değerlerinin belirlenmesi

Yüzey pürüzlülüğü ISO 4287 (1997) ve TS 6956 (1989) standartlarına göre Mit. Su. SJ-301 test cihazı ile gerçekleştirilmiş; ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra), 5 tane en yüksek 5 tane en alçak nokta değerleri olan on nokta pürüzlülük ortalaması (Rz) ve ortalama sapmaların kara kökü (Rq) belirlenmiştir. Mitutoyo Surf test SJ-301 ile ölçümler kayıt iğnesi bulunan bir cihaz kullanılarak yapılır. Kayıt iğnesi 4 (μm) çapında olup ölçme açısı boyuna lif yönü ile 90° açı olacak şekilde 10 mm/dakika ölçüm hızı ile yapılmaktadır (Gürleyen ve ark., 2017).



Şekil 1. Pandüllü sertlik ölçü cihazı.

2.7. Parlaklık değerlerinin belirlenmesi

Parlaklık, ASTM-D 523 (1994) ve TS 4318 (1985) standardına göre Picogloss 562 Mc GlossMeter yapılmıştır. Ölçme paneller üzerinde toplam yirmi noktadan (10 liflere dik ve 10 liflere paralel olmak üzere) gerçekleştirilmiş, ortalama parlaklık liflere dik ve liflere paralel değerlerin ortalamaları alınmak sureti ile hesaplanmıştır.

2.8. İstatistik değerlendirme

Yapılan çalışmada verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS paket programından faydalanılmıştır. Çalışmada faktörlerin elde edilen sonuçlar üzerinde anlamlı olup olmadığını belirleyebilmek için varyans analizine, anlamlı bulunan faktörler üzerinde farklılığın boyutunu belirleyebilmek için de Duncan testine başvurulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Katman kalınlığı (KK) değerlerine ilişkin bulgular

Katman kalınlığı değerlerine ilişkin Çoklu Varyans Analizi (ÇVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Katman kalınlığı değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları.

Değişken	Kareler toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem (Ö)	PES
ThermoWood & vernik	7662.85	10	766.285	1.759	0.065	0.030
Yerleştirme açısı	1391.55	2	695.779	1.597	0.203	0.006
ThermoWood & yerleştirme açısı	3837.63	20	191.882	0.440	0.984	0.015
Hata	250955.6	576	435.687			
Toplam	2085974.0	720				

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre ThermoWood® yerleştirme açısı ve vernik faktörlerinin KK değerleri arasında $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Farklılıkların hangi faktörler arasında bulunduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları (HG) ve ortalama (ORT) değerleri Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Katman kalınlığı değerlerine ilişkin ORT ve HG sonuçları.

Ağaç türü	ThermoWood						ThermoWood ve Vernik		
	ORT	HG		ORT / HG*				ORT / HG	
				A	B	C		A	B
TK	47.47	A	TKHT1	45.30			STB HT2 Kontrol	45.46	
DBK	47.62	A	DBKHT2	45.30			SÇB HT2 Kontrol	46.70	46.70
DL	47.76	A	DLHT2	47.00	47.00		SRV HT2	47.03	47.03
UG	54.16	B	DLHT1	48.52	48.52		SÇB HT1	47.05	47.05
			TK HT2	49.65	49.65	49.65	SRV HT2 Kontrol	47.10	47.10
			DBKHT1	49.95	49.95	49.95	SRV HT1 Kontrol	47.31	47.31
			UGHT1		52.45	52.45	STB HT1	47.67	47.66
			UGHT2			55.87	SRV HT1	48.41	48.41
							STB HT1 Kontrol	51.88	51.88
							SÇB HT1 Kontrol	52.01	52.01
							STB HT2		55.03
*KK ortalamaları µm biriminden verilmiştir.							SÇB HT2		55.41

Çizelge 5'e göre yerleştirme açısına göre katman kalınlığı ağaç türlerine göre ise en düşük TK'ta 47.47, en yüksek UG'da 54.16, olarak belirlenmiştir. ThermoWood® varyasyonlarında en düşük TK HT1 45.30, en yüksek UG HT2'de 55.87; ThermoWood® vernik varyasyonlarında ise en düşük STBHT2 Kontrol, en yüksek SÇB HT2 Deneme örneklerinde olduğu görülmektedir.

Literatürde yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlarla örtüşmekte olduğu tespit edilmiştir. Örneğin bir çalışmada KK poliüretan vernikte 110 µm iken solvent, silikonlu ve su bazlı vernikte 50-65 µm aralığında olduğu ifade edilmiştir (Esmer, 2015).

3.2. Pandüllü sertlik (PS) değerlerine ilişkin bulgular

Pandüllü sertlik değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Pandüllü sertlik değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları.

Değişke	Faktör	KT	df	KO	F	Ö
TK	Gruplar arası	11976.133	5	2395.227	71.555	0.000
	Gruplar içi	1807.600	54	33.474		
	Toplam	13783.733	59			
DBK	Gruplar arası	19327.933	5	3865.587	48.342	0.000
	Gruplar içi	4318.000	54	79.963		
	Toplam	23645.933	59			
DL	Gruplar arası	3882.000	5	776.400	9.265	0.000
	Gruplar içi	4525.000	54	83.796		
	Toplam	8407.000	59			
UG	Gruplar arası	6539.000	5	1307.800	11.785	0.000
	Gruplar içi	5992.400	54	110.970		
	Toplam	12531.400	59			

Pandüllü sertlik değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları örnekler arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Pandüllü sertlik değerlerine ilişkin Farklılıkların hangi faktörler arasında bulunduğunu belirlemek için yapılan HG, ORT ve standart sapma (SS) sonuçları Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Pandüllü sertlik değerlerine ilişkin HG, ORT ve SS sonuçları.

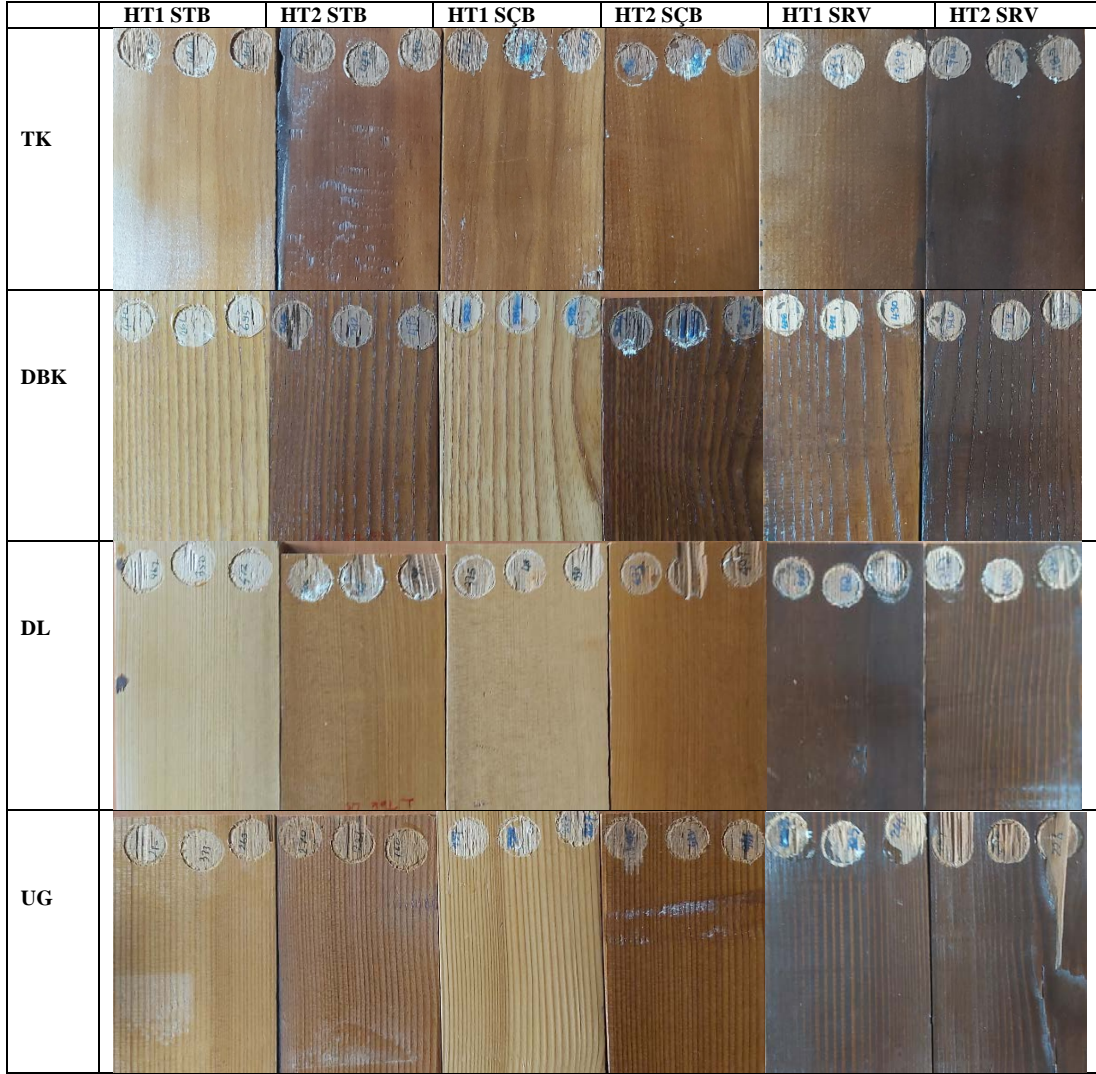
Değişke	Varyasyon (V)	VERNİK	ORT	SS	HG	N
TK	HT1	STB	53.4000	5.253	C	10*
		SÇB	74.5000	2.223	B	
		SRV	69.7000	8.895	B	
	HT2	STB	42.3000	5.716	D	
		SÇB	85.0000	6.733	A	
		SRV	71.5000	3.341	B	
DBK	HT1	STB	72.9000	10.692	DC	
		SÇB	107.0000	8.511	A	
		SRV	69.3000	7.986	D	
	HT2	STB	79.5000	11.404	C	
		SÇB	97.9000	9.060	B	
		SRV	53.2000	4.131	E	
DL	HT1	STB	66.7000	4.321	BA	
		SÇB	49.2000	10.282	D	
		SRV	59.5000	7.168	CB	
	HT2	STB	55.2000	8.534	DC	
		SÇB	74.2000	13.750	A	
		SRV	58.2000	8.066	CB	
UG	HT1	STB	45.6000	8.369	CB	
		SÇB	73.0000	16.027	A	
		SRV	55.8000	13.239	B	
	HT2	STB	49.4000	10.330	CB	
		SÇB	40.2000	4.417	C	
		SRV	48.6000	6.113	CB	

Çizelge 7’ e göre PS değeri en düşük TK, STBHT2 varyasyonunda 42.3, en yüksek DBK, SÇBHT2 varyasyonunda 107 olarak elde edildiği görülmektedir.

Çakıcıer ve ark. (2011) çalışmalarında SBV uyguladıkları ısıtma işlem görmüş ağaçlardan dişbudak, kestane ve İroko’da PS değerinin ısıtma işlem sıcaklığının yükselmesi ile artmasına rağmen limba’da azaldığını bildirmektedirler. Kesik ve ark., (2015) oil treatment metodu ile ısıtma işlem yaptıkları göknar ağacında SBV sertlik değerinin en az 34, en fazla 41 ve ortalama 37.80 Mpa olduğunu ifade etmişlerdir.

3.3. Yüzeye yapışma direnci (adhezyon) değerlerine ilişkin bulgular

Adhezyon testi uygulanmış TK, DBK, DL ve UG ağaçlarına ait üç farklı SBV uygulanmış ThermoWood® paneller Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Adhezyon testi uygulanmış TK, DBK, DL ve UG ağaçlarına ait üç farklı SBV uygulanmış ThermoWood® paneller.

Adhezyon testi uygulanmış TK, DBK, DL ve UG ağaçlarına ait ÇVA sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 8. Adhezyon değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları.

Değişken	KT	df	KO	F	Ö	PES
Ağaç türü	549919.4	3	183306.4	27.459	0.066	0.982
	10175.9	1.524	6675.6			
ThermoWood®	1120.2	1	1120.2	0.221	0.729	0.201
	4440.4	0.875	5077.0			
Vernik	6847.0	2	3423.5	3.319	0.808	0.985
	104.6	0.101	1031.4			
Ağaç türü & ısıl işlem	24190.7	3	8063.5	1.492	0.309	0.427
	32435.6	6	5405.9			
Ağaç türü & vernik	24107.9	6	4017.9	0.743	0.636	0.426
	32435.6	6	5405.9			
Thermowood&vernik	4838.6	2	2419.3	0.448	0.659	0.130
	32435.6	6	5405.9			
Ağaç türü & ısıl işlem&vernik	32435.6	6	5405.9	1.287	0.281	0.139
	201575.3	48	4199.4			

Adhezyon değerlerine ilişkin VA sonuçları kontrol örnekleri ile ThermoWood® rnekler arasında $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Adhezyon değerlerine ilişkin vernik çeşidi-ağaç türleri etkileşimi farklılıklarının hangi faktörler arasında bulunduğunu belirlemek için yapılan HG ve ORT sonuçları izelge 9’da verilmiştir.

Çizelge 9. Vernik eşidi-Ağaç türleri etkileşimi adhezyon üzerine etkisine ilişkin ORT ve HG sonuçları.

Ağaç türü & vernik	N	HG*										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	İ	J
UG HT2	3	2.63										
UG HT2	3	2.76	2.76									
UG HT1	3	3.29	3.29	3.29								
UG HT2	3	3.55	3.55	3.55	3.55							
UG HT1	3	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64						
DL HT2	3	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95					
UG HT1	3		4.22	4.22	4.22	4.22	4.22	4.22				
TK HT1	3			4.35	4.35	4.35	4.35	4.35				
TK HT1	3			4.72	4.72	4.72	4.72	4.72				
DL HT1	3				4.89	4.89	4.89	4.89	4.89			
DL HT1	3				5.05	5.05	5.05	5.05	5.05			
DL HT2	3				5.09	5.09	5.09	5.09	5.09			
DL HT1	3					5.21	5.21	5.21	5.21	5.21		
TK HT2	3						5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	
TK HT1	3						5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	
TK HT2	3						5.31	5.31	5.31	5.31	5.31	
DL HT2	3						5.32	5.32	5.32	5.32	5.32	
TK HT2	3						5.39	5.39	5.39	5.39	5.39	5.39
DBK HT1	3							5.60	5.60	5.60	5.60	5.60
DBK HT2	3								6.38	6.38	6.38	6.38
DBK HT2	3								6.48	6.48	6.48	6.48
DBK HT2	3									6.73	6.73	6.73
DBK HT1	3										6.89	6.89
DBK HT1	3											6.90
nem		0.09	0.06	0.07	0.05	0.05	0.08	0.09	0.05	0.062	0.050	0.05

*Adhezyon değerleri Mpa olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 9’a göre adhezyon değeri en düşük UGHT2 SB’de 2.63, en yüksek DBKHT1 STB’te 6.90 olarak belirlenmiştir. Ağaç türü ve vernik çeşidi dikkate alındığında DBK ve TK ağaçlarında elde edilen adhezyon değerlerinin daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

ThermoWood® yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış Iroko, Sarıçam ve Dişbudak’ta SBV uygulanması ile elde edilen yzeeye yapışma direnci değerlerinin en düşük 1.59, en yüksek 4.82 Mpa olduğu bildirilmektedir (Altun ve Esmer, 2017). Kesik ve ark. (2015) oil treatment

metodu ile ısıl işlem yaptıkları göknar ağacında SBV yüzey yapışma direncinin ortalama 2.75 Mpa olduğunu ifade etmişlerdir.

3.4. Yüzey pürüzlülüğü değerlerine ilişkin bulgular

Yüzey pürüzlülük (YP) değerlerine ilişkin çoklu ÇVA sonuçları Çizelge 10'de verilmiştir.

Çizelge 11. Yüzey pürüzlülük değerlerine ilişkin çoklu ÇVA sonuçları.

Değişken	Faktör	KT	df	KO	F	Ö	PES
Varyasyon	Rq	217.665	20	10.883	6.042	0.000	0.359
	Ra	698.205	20	34.910	1.488	0.087	0.121
	Rz	3331.885	20	166.594	6.806	0.000	0.387
Hata	Rq	389.088	216	1.801			
	Ra	5066.770	216	23.457			
	Rz	5287.129	216	24.477			
Toplam	Rq	2509.143	240				
	Ra	7367.664	240				
	Rz	40986.384	240				

Yüzey pürüzlülüğü değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları kontrol örnekleri ile ThermoWood örnekler arasında $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü yapılan HG testi ve ORT sonuçları Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 12. Yüzey pürüzlülüğü değerlerine ORT ve HG sonuçları.

Değişken	N	Rq	HG	Ra	HG	Rz	HG
TK	60	2.9843	B	2.3478	AB	12.4668	BA
DBK	60	3.5257	A	3.8062	A	13.9930	A
DL	60	1.9057	C	1.5283	B	8.2802	C
UG	60	2.5958	B	2.0920	BA	10.9393	B

Çizelge 12'e göre en düşük YP değerleri DL'nde 1.5283, en yüksek ise DBK'ta 3.8062 olarak belirlenmiştir.

Vernik çeşidi-ağaç türleri etkileşimi YP üzerine etkisine ilişkin HG, ORT ve SS sonuçları Çizelge 13'da verilmiştir.

Çizelge 13. Vernik-Ağaç türleri etkileşimi YP üzerine etkisine ilişkin ORT ve HG.

Değişken		Rq	SS	HG	Ra	SS	HG	Rz	SS	HG
TK	HT1STB	2.753		B	2.196		A	11.888		CDEFG
	HT1SÇB	2.932		CDEF	2.224		A	12.841		EFGH
	HT1SRV	4.173		FGH	3.242		A	17.058		Hİİ
	HT2STB	4.475		GH	3.607		A	18.470		İİ
	HT2SÇB	1.461		AB	1.142		A	5.759		AB
	HT2SRV	2.112		ABC	1.676		A	8.785		ABCDE
DBK	HT1STB	2.799		BCDE	2.211		A	10.728		ABCDEF
	HT1SÇB	1.146		AB	0.859		A	5.539		A
	HT1SRV	2.894		BCDE	2.005		A	12.424		DEFGH
	HT2STB	4.139		EFGH	3.185		A	16.435		GHIİ
	HT2SÇB	5.223		H	3,977		A	19.508		İ
	HT2SRV	4.953		GH	3.798		A	19.324		İ
DL	HT1STB	2.523		ABCD	2.022		A	10.979		BCDEF
	HT1SÇB	1.467		AB	1.152		A	6.231		AB
	HT1SRV	2.092		ABC	1.689		A	8.628		ABCDE
	HT2STB	1.835		ABC	1.520		A	8.518		ABCDE
	HT2SÇB	1.683		ABC	1.334		A	7.946		ABCDE
	HT2SRV	1.834		ABC	1.453		A	7.379		ABCD
UG	HT1STB	2.536		ABCD	2.093		A	10.961		BCDEF
	HT1SÇB	1.762		ABC	1.429		A	6.835		ABC
	HT1SRV	2.377		ABCD	1.902		A	10.281		ABCDEF
	HT2STB	3.086		CDEF	2.379		A	14.313		FGHI
	HT2SÇB	2.113		ABC	1.727		A	8.054		ABCDE
	HT2SRV	3.701		DEFG	3.022		A	15.192		FGHIİ

Yüzey pürüzlülüğü parametreleri arasında en yaygın olarak kullanılan Ra'dır. Çizelge 13'e göre en düşük Ra, DBKHT1SÇB varyasyonunda 0.859, en yüksek DBKHT1SÇB varyasyonunda 3.977 olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem ve yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerde çeşitli su bazlı vernikler ile yapılan çalışmada YP en düşük 0.05680 µm tek bileşenli, en yüksek 1.112 µm akrilik modifiye poliüretan esaslı verniklerde elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca ısıl işlem sıcaklığının YP üzerinde etkili olduğu, ısıl işlem sıcaklığı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün de arttığı belirlenmiştir (YP sırası ile olmak üzere 190, 200 ve 210°C sıcaklıklarda 1.546, 0.05680 ve 2.124) (Pelit ve ark., 2015). Güler (2010) su bazlı vernik uyguladığı çalışmasında örneklerin YP değerlerinin, tüm süre ve sıcaklıklarda, sıcaklık ve süredeki artışa bağlı olarak azaldığını belirtmektedir. Çalışmaya göre YP sırası ile olmak üzere 150°C, 3 saat; 150°C, 6 saat; 180°C, 3 saat; 180°C, 6 saat varyasyonlarında % olarak 60, 56, 54 ve 55 azalmıştır.

3.5. Parlaklık değerlerine ilişkin bulgular

Parlaklık değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları Çizelge 14’de verilmiştir.

Çizelge 14. Parlaklık değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları.

Değişken	KT	df	KO	F	Ö	PES
Ağaç türü	1862.12	3	620.710	71.565	0.000	0.498
Isıl İşlem	2435.73	3	811.912	93.610	0.000	0.565
Ağaç türü & ThermoWood	1253.06	9	139.229	16.052	0.000	0.401
ThermoWood & vernik	0.000	0	.	.	.	0.000
Ağaç türü & vernik & ThermoWood	0.000	0	.	.	.	0.000
Hata	1873.45	216	8.673			

Parlaklık değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları kontrol örnekleri ile ThermoWood örnekler arasında $P \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu anlamak için parlaklık değerlerine ilişkin ORT ve HG Çizelge 15’de verilmiştir.

Çizelge 15. Parlaklık değerlerine ilişkin ORT ve HG sonuçları.

Ağaç türü			Vernik			Vernik & Ağaç malzeme &		
Ağaç türü	ORT	HG	Vernik	ORT	HG	Isıl İşlem	ORT	HG
TK	5.95	A	STB	5.73	A	STB	4.76	A
DBK	13.73	C	SÇB	16.15	B	SRV	6.01	AB
DL	8.80	B	SRV	6.47	A	STB	6.69	B
UG	9.32	B				SRV	6.92	B
						SÇB	10.74	C
						SÇB	21.56	D

Çizelge 15’e göre vernik, ağaç malzeme ve ısıl işlem etkileşiminde en düşük parlaklık değeri STB ile verniklenmiş 212° sıcaklık ThermoWood® örneklerde, en yüksek ise SÇB ile verniklenmiş ThermoWood örneklerde belirlenmiştir. Isıl işlem sıcaklığı arttıkça tüm SBV gruplarında parlaklık değerlerinde azalma olduğu görülmekte olup STB, SÇB, SRV’de sırası ile azalma değerleri % olarak 28.84, 50.18 ve 13.15 şeklinde gerçekleşmiştir. Parlaklık değerinde en küçük değişim SRV varyasyonunda elde edilmiştir.

Güler (2010) dişbudak, kestane, iroko ve limba ağaçlarını kullandığı çalışmasında, ısıl işlem sıcaklığının 150°C’den 180°C doğru çıkarıldıkça arttıkça parlaklık değerinin azaldığını belirlemiştir. Çakıcıer ve ark. (2011) çalışmalarında benzer şekilde ısıl işlem sıcaklığı arttıkça SBV uygulanmış ağaç türlerinde parlaklığını azaldığını belirtmektedirler.

4. Sonuçlar

Üç farklı bileşen yapısına sahip SBV ile yapılan çalışmadan elde edilen katman kalınlığı, adhezyon, pandüllu sertlik ve yüzey pürüzlüluğü sonuçları genel olarak literatür ile uyumluluk göstermektedir.

Dişbudak PS, Adhezyon ve YP’de diğer ağaç türlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Özellikle adhezyon’daki sonuçlar oldukça dikkat çekici bulunmuştur. Parlaklık sonuçlarına göre ısıl işlem sıcaklığı arttıkça parlaklık değerinin azaldığı, STB ve SRV verniklerde parlaklık düşmesine rağmen SB verniklerde daha yüksek olduğu görölmektedir.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde uygulama amacı ve elde edilmesi beklenen performanslar bakımından kullanılan su bazlı vernik türlerinin üçü de uygun bir seçenek olarak kullanılabilir.

Bir başka yönden bakıldığında ise, çalışma kapsamında tercih edilen ısıl işlem ve su bazlı verniklerin günümüzde geleneksel olarak kabul edilen ve çoğu da yaşadığımız çevreyi kirletici etkiye sahip olarak kullanılan araç, gereç ve malzemelere alternatif olmanın yanında onların yerini alabilecek özelliklere sahip oldukları söylenebilir. Çalışma sonuçları çevresel etkiler bakımından mevcut solvent bazlı koruyucular yerine su bazlı vernikler ile yerli tür ağaçlar üzerine uygulanan ısıl işlemin olumlu sonuçlar verdiğini desteklemektedir.

Ağaç türlerini çoğaltmak, ölçüm ve testleri farklı coğrafi şartlarda mümkün olan en uzun sürelerde doğal ve yapay yaşlandırmalar yaparak gerçekleştirmek, olası sağlıklı ve güvenilir araştırmaların yapılmasının ve karşılaştırmaların gerekliliğini ortaya koymuştur. Böylece elde edilecek sonuçlar insan ve çevre sağlığına zararlı kimyasalların mümkün olduğunca kullanımından kaçınılmasını da sağlanmış olacaktır.

Teşekkür

Bu alışma, Düzce Üniversitesi BAP-2015.21.07.314 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Altun, S. ve Esmer, M. (2017). Isıl işlemin bazı ağaç malzemelerde yüzey pürüzlülüğü ve vernik yapışma direncine etkisi. *Politeknik Dergisi*, 20(1), 231-239.
- Anonim, (2010). <http://www.Thermowood.Fi>. Erişim Tarihi: 28.06.2010.
- Anonim, (2012). <http://www.Q-Lab.Com>. Erişim Tarihi:26.12 2012.
- ASTM D 4366. (1984). Hardness of organic coatings by pendulum damping tests, american society for testing and materials, U.S.A.
- ASTM D 523, (1994). Test methods for specular gloss, american society for testing and materials, U.S.A.
- ASTM D 4541, (1995). Standart test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers, American society for testing and materials, U.S.A.
- ASTM D 6132, (2008). Standard test method for nondestructive measurement of dry film thickness of applied organic coatings using an ultrasonic gage.
- Atar, M., Yalınkılıç, A. C., & Keskin, H. (2019). Isıl işlemin vernikli ağaç malzemede renk değişimine etkisi. *Politeknik Dergisi*, 22(2), 407-413.
- Ayata, Ü., & Çakıcıer, N. Isıl işlem görmüş (ThermoWood) ve su bazlı vernik uygulanmış bazı ağaç türlerinde hızlandırılmış UV yaşlandırmanın yüzeye yapışma direncine etkisi. *Politeknik Dergisi*, 21(3), 611-619.
- Aytin, A. Çakıcıer, N. ve Korkut, S. (2016). *Isıl işlem uygulanmış yabani kiraz odununda vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci üzerine hızlandırılmış yaşlandırmanın etkisi*. I. International Urban, Environment and Health Congress, Kıbrıs.
- Çakıcıer, N., Korkut, S. ve Sevim Korkut D. (2011). Varnish layer hardness, scratch resistance, and glossiness of various wood species as affected by heat treatment. *BioResources*, 6(2), 1648-1658.
- Esmer, M. (2015). "Isıl işlem görmüş ağaç malzemede yapışma direnci". Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük.
- Güler, F. D. (2010). "Bazı ağaç türlerinde ısıl işlem uygulamasının vernik katman özellikleri üzerine etkisi". Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce.
- Gurleyen, L., Ayata, U., Esteves, B., & Cakicier, N. (2017). Effects of heat treatment on the adhesion strength, pendulum hardness, surface roughness, color and glossiness of Scots pine laminated parquet with two different types of UV varnish application. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 19(2), 213-224.

- ISO 4287, (1997). Geometrical product specifications surface texture profile method terms, definitions and surface texture parameters, International Standart Organization.
- Johansson, D. (2005). "Strenght and colour response of solid wood to heat treatment". Licentiate Thesis, Luleå University of Technology, Department of Skellefteå Campus, Sweden.
- Kesik, H. İ., Vurdu, H., Öncel, M., Özkan, O. E., Çağatay, K. ve Aydoğan, H. (2015). *The Effects of varnish and paint coatings on oil heat treated turkish fire wood*. Proceedings of the 27th International Conference, Research for Furniture Industry, Turkey.
- Kurtoğlu, A. (1985). Ağaç malzemenin kimyasal olmayan yolla korunması olanakları. *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 35(1).
- Kurtoğlu, A. (2000). *Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri: 1. Cilt Genel Bilgiler*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. İstanbul.
- Pelit, H., Budakçı, M., Sönmez, A., & Burdurlu, E. (2015). Surface roughness and brightness of scots pine (*Pinus sylvestris*) applied with water-based varnish after densification and heat treatment. *Journal of Wood Science*, 61(6), 586-594.
- Perçin, O., & Uzun, O. (2014). Isıl işlem uygulanmış bazı ağaç malzemelerde yapışma direncinin belirlenmesi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15, 72-76.
- TS 4176. (1984). "Oduunun fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin tayini için homojen mescerelerden numune ağacı ve laboratuvar numunesi alınması". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 4318, (1985). Boya ve vernikler, metalik olmayan boya katmanlarının 20°, 60° ve 85° açılarda parlaklık ölçümü, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 6956, (1989). Yüzey pürüzlülüğü-terimler-yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin ölçülmesi için standart, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yıldız, E. (1999). Su bazlı boya ve kaplamalar beklentiler ve su bazlı poliüretan bağlayıcı sistemleri, TÜBİTAK.