

Ahşap malzemede renk açma ve vernikleme işleminin alev kaynaklı yanma ışık yoğunluğuna etkisi

Ahmet Cihangir Yalınkılıç^{a,*} 

Özet: Bu çalışma, ahşap malzemede renk açma ve vernikleme işleminin alev kaynaklı yanmada ışık yoğunluğuna etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu maksatla, Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) ve Sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.) odunlarından ASTM D 358 esaslarına uyularak hazırlanan örnekler sodyum hidroksit (NaOH), hidrojen peroksit (H_2O_2), kalsiyum hidroksit ($Ca(OH)_2$), sodyum silikat ($NaSiO_3$), asetik asit (CH_3COOH), sodyum disülfid ($Na_2S_2O_5$), oksalik asit ($C_2H_2O_4$) ve potasyum permanganat ($KMnO_4$)'ın % 18'lik çözeltisi ile renk açma işlemi yapıldıktan sonra, ASTM D3023 esaslarına göre su bazlı (Sb), sentetik (Sn), poliüretan (Pü) ve akrilik (Av) vernikler uygulanmış ve ışık yoğunluğu ASTM E 160–50 esaslarına göre belirlenmiştir. Sonuç olarak, ışık yoğunluğu; ahşap türü, renk açma çözeltisi ve vernik çeşidi etkileşimine göre en fazla $KMnO_4+Na_2S_2O_5+H_2O_2$ (R_5) ile rengi açılmış sentetik vernikli kayında görülürken, en az $Na_2S_2O_5+C_2H_2O_4$ (R_4) ile rengi açılmış akrilik vernikli sarıçamda elde edilmiştir. Buna göre ışık yoğunluğu en az olan örnekler, yangında dumandan boğulma riskini arttırabileceklerinden uygulama alanlarında bu durumun dikkate alınması önerilebilir.

Anahtar kelimeler: Işık yoğunluğu, Renk açma, Vernikleme, Ahşap malzeme

Effect of the bleaching and varnishing process on the flame source combustion light intensity of wood material

Abstract: This study was carried out to determine the impact of bleaching and varnishing on the flame source combustion light intensity of wood material. For this purpose, specimens prepared according to ASTM D 358 from European Oak, Oriental beech and Scotch pine wood are bleached with a solution of 18% sodium hydroxide (NaOH), hydrogen peroxide (H_2O_2), calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$), sodium silicate ($NaSiO_3$), acetic acid (CH_3COOH), sodium disulfide ($Na_2S_2O_5$), oxalic acid ($C_2H_2O_4$) and potassium permanganate ($KMnO_4$). The bleached specimens are varnished with synthetic (Sn) water-based (Sb), polyurethane (Pü) and acrylic (Av) in accordance with ASTM D 3023. The light intensity were determined in accordance with ASTM E 160–50. Consequently; According to the interaction wood species, bleaching solution and varnish types, the most light intensity; synthetic varnished oriental beech bleached with $KMnO_4+Na_2S_2O_5+H_2O_2$ (R_5), the least light intensity; acrylic varnished scotch pine, bleached with $Na_2S_2O_5+C_2H_2O_4$ (R_4), were obtained. Accordingly, it can be suggested to consider this situation in application areas since the samples with the least light intensity can increase the risk of smoke drowning in fire.

Keywords: Light intensity, Bleaching, Varnishing, Wood material

1. Giriş

Ahşap malzeme; higroskopik, heterojen ve anizotropik yapıda olması dolayısıyla diğer endüstriyel malzemelere göre üstün özelliklere sahiptir. Ahşabın bu üstün teknolojik özellikleri geniş kullanım alanına sahip olmasını sağlamaktadır. Tüketim miktarının artması ve orman alanlarının gitgide azalması üretilen ahşap malzemenin uzun süre kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bitkisel (mantar) ve hayvansal (böcek, kurt, termit vb.) zararlılar ile ateşe ve boyut değiştirmelerine karşı odunu korumak için içyapı boşluklarına kimyasal madde yerleştirilerek ahşap malzemenin ömrünün uzatılması işleminin yapılması zorunlu hale gelmiştir. Ahşap malzemeyi biyotik ve abiyotik etkilere karşı korumak için, kurutma, emprenye ve üst yüzey işlemlerinin uygulanması gerekmektedir (Örs ve Keskin, 2008; Highley ve Kicler, 1990). Ahşap malzeme yüzeylerini harici etkilere

korumak ve doğal görüntüsünü belirgin hale getirmek amacıyla en fazla kullanılan koruyucu örtü gereçleri verniklerdir (Sönmez, 1989).

Ağaç türlerinin içerisindeki uçucu maddelerden dolayı odunun kendine has bir kokusu ve tadı, yoğunluk farklılığı nedeni ile ışınların farklı yansımaları ile farklı rengi ve parlaklığı, lif yapısı vb. gibi fiziksel (estetik) farklı karakteristik özellikleri vardır. Ahşap malzemede renk bozulmaları canlı odunda yaralanma, ölü budak oluşumu, mikroorganizma ve mantar hastalıkları vb. biyotik sebepler yanında odundaki bazı kimyasal maddelerin oksidasyonu ve tanenli odunların metallerle teması ile oluşan renklemeler ile meydana gelmektedir (Banks ve Miller, 1982).

Ağaç işlerinde renk, ölçü, biçim, form, fonksiyon vb. kadar önemlidir. Doğal halde iken ağaç malzemenin rengi çoğu zaman bu tür ihtiyaçlara cevap vermeyebilir. Üst yüzey işlemleri yapmadan önce ahşap yüzeylerinde renk açma işlemi ile istenen renk uyumu sağlanabilir. Renk açma

✉ ^a Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Kütahya

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): acihangir.yalinkilic@dpu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 25.07.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 30.11.2020



Citation (Atıf): Yalınkılıç, A.C., 2020. Ahşap malzemede renk açma ve vernikleme işleminin alev kaynaklı yanma ışık yoğunluğuna etkisi. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 438-444. DOI: [10.18182/tjf.773748](https://doi.org/10.18182/tjf.773748)

işlemi ve emprenye etme ahşap malzemenin yapısına, sertlik, parlaklık ve renk özelliklerine tesir etmektedir. Renk açma, kimyasal bir çözelti ile ahşap malzeme yüzeyi renginin daha açık hale getirilmesidir. Mobilya endüstrisinde meşe ve kestane gibi bazı ağaç odunlarına üst yüzey işlemleri ile birlikte renk açma işlemi uygulanmaktadır (Edwin ve Carter, 1983).

Yangın riskinin gerçekleşmesi durumunda, yapıda bulunan maddelerin miktarına, türüne ve yapının havalandırma koşullarına bağlı olarak bir duman tabakası oluşur ve bir dakika içerisinde ortamda oluşan duman tabakası önemli boyutlara ulaşır. Dakikalar ilerledikçe duman tabakası yapının yarısını kaplar ve yangın yönündeki hava akışına karşıdır. Bu noktaya gelindiğinde ise kaçış koşulları ve yangını söndürme çalışmaları oldukça güçleşir. Oluşan bu duman tabakası, görüş alanını kısıtlamasının yanı sıra zehirlenmelere de neden olabilmektedir. Gerçekte yangınlarda ortaya çıkan kan kayıplarının %75'i dumandan zehirlenmeler ve boğulmalar sonucunda olmaktadır. Bu göz önüne alındığında yapılarda duman kontrolünün sağlanması, öncelikle can kayıplarının önüne geçilmesi için zorunludur (Kars, 1999).

Emprenye kimyasallarının, bor bileşikleri (Borax (Bx)), emprenye edilmiş Doğu kayını+Karakavak ve Avrupa meşesi+Karakavak ahşap malzemelerinin kombinasyonu ile elde edilen LVL'nin alev kaynağı yanma ışık yoğunluğu üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Işık yoğunluğunun Ba'da %3.5, Ba+Bx'da % 7.9, Ia'da %1.3, Ta'da %9 ve Bx'da %1 azaldığını belirtmiştir. Sonuç olarak, alev kaynağı yanma ışık yoğunluğu üzerinde, emprenye kimyasallarının birinci derece, ahşap malzemenin ise ikinci derece etkinliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, borik asitin, alev kaynağı yanma LVL'nin ışık yoğunluğu üzerinde etkili olduğunu, yangın riski olan yerler için, borik asit ile emprenye edilmiş LVL kullanımının avantajlı olacağını belirtmiştir (Keskin, 2009).

Sapsız meşe (*Quercus sessiliflora* Salisb.)' de Oksalik asit (C₂H₂O₄), Sodyum hidroksit (NaOH), Hidrojen peroksit (H₂O₂), Amonyak (NH₃) ve Hidroklorik asit (HCl) ile renk açma işleminin CO₂ miktarı (ppm), yanma çeşidi bakımından en yüksek kendi kendine yanmada (6.5), en düşük alev kaynaklı yanmada (5.1) bulunmuştur (Özçifçi, 2001).

Tanalith-E ve Wolmanit-CB ile emprenye edilmiş kestane (*Castanea sativa* Mill.) odunlarına subazlı ve sentetik vernik uygulandıktan sonra bir yıl dış hava şartlarında bekletmişlerdir. Deney örneklerin yanma özelliklerinde CO₂ miktarı (ppm) yanma çeşidi bakımından en yüksek kendi kendine yanmada (19.18), en düşük kor hali yanmada (10.89), vernik çeşidi bakımından en yüksek sentetik vernikte kendi kendine yanmada (19.82) en düşük su bazlı vernikte alev kaynaklı yanmada (8.66) bulunduğu bildirilmiştir (Fidan vd., 2016).

Çeşitli kimyasal maddelerle rengi açılan Doğu kayını odununun alev kaynaklı yanma özelliğini belirlemişlerdir. Oksalik asit (C₂H₂O₄), Sodyum hidroksit (NaOH), Hidrojen peroksit (H₂O₂), Amonyak (NH₃), Hidroklorik asit (HCl) ile rengi açılan Doğu kayını yanma özelliğinde en fazla CO₂ değişiminin (C₂H₂O₄)'de elde edildiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, CO₂ değişimi bakımından renk açma maddesi çeşidinin etkili olduğu ifade edilmiştir (Uysal ve Özçifçi, 2000).

Tanalith-E ve Wolmanit-CB ile emprenye edilen sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), sapsız meşe (*Quercus*

petraea Liebl.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunları sentetik ve su bazlı vernik ile kaplandıktan sonra yanma testlerine tabi tutulmuştur. Örneklerin yanma özelliklerinde CO₂ miktarı (ppm) yanma çeşidi bakımından en yüksek kendi kendine yanmada (16.4), en düşük kendi kendine yanmada (1.4), sentetik vernikte en yüksek kendi kendine yanmada (17.5) en düşük su bazlı vernikte alev kaynaklı yanmada (5.4) bulunduğu bildirilmiştir (Yaşar ve Atar, 2017).

Bu çalışmada, renk açıcı kimyasallarla rengi açılmış ve vernikler ile kaplanmış ahşap malzemenin yanma özelliklerinin alev kaynaklı yanma esnasında ışık yoğunluğuna etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Ülkemizde ağaçışleri endüstrisinde yaygın kullanılan ahşap türleri, vernikler ve renk açma kimyasallarının yanma özelliklerinin incelenmesi, imalatçıların ve tasarımcıların ürün seçiminde doğru kararlar alması ve ne tür kullanım yerinde hangi ürünleri kullanmalarının yanmada boğulma riskini engellemek ya da en aza indirmek amacıyla ile doğru olacağı konusunda bilinçlendirilmeleri araştırmamızın özgün değerini oluşturmaktadır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Ağaçışleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.) odunları deney materyali olarak seçilmiştir. Deney örneği olarak kullanılan ahşap malzemelerin, düzgün lifli, ardaksız, budaksız, mikroorganizma, mantar ve böcek zararlarına maruz kalmamış olmasına dikkat edilerek, Ankara-Siteler bölgesindeki kereste işletmelerinden tesadüfi metotla temin edilmiştir.

2.1.1. Vernikler

Deney örneklerinin verniklenmesinde tek bileşenli su bazlı, sentetik, akrilik ve poliüretan vernik kullanılmıştır (Bankowsky ve Eichletoer, 1993).

Subazlı vernik; renksiz, kokusuz ve ağaç malzemenin doğal rengini değiştirmeyen özelliكتedir. Kuruması kimyasal olup, dönüşümsüz katmanlar verir. Birden fazla kat aynı günde uygulanabilir. Temizlik maddeleri, yağlar, hardal, şarap ve sirkeye karşı dayanıklıdır. Su bazlı vernik uygulanacak yüzeyler zımparalanarak toz, kir, yağ vb. arındırılmalı ve yüzeyler kuru olmalıdır.

Sentetik vernik; oluşumunu tamamlamış ve polimerleşmesi yarım bırakılmış olarak iki tipte üretilmektedir. Oluşumunu tamamlamış sentetik reçineler nitroselüloza benzer ve fiziksel kuruma yaparlar. Polimerleşmesi yarım bırakılmış sentetik reçinelerde yağlı bir alkid kullanılmaktadır. Strenal alkid ve üretan alkid bu amaçla kullanılır. Bunlarda, polimerizasyona ya da oksidasyona dayalı bir kuruma şekli görülür ve dönüşümsüzdür. Sentetik vernikte çözücü olarak terebentin kullanılmaktadır. Kurumayı hızlandırmak için oksijen verme yeteneğindeki metal sabunları, katalizör olarak kullanılır (Sönmez, 1989).

Akrilik vernik; Akrilik reçineden üretilen çift komponentli bir verniktir. Ağaçışlerinde her çeşit masif ve kaplama ile özellikle renk değişikliği ve sararmasının

istenmediği kaplamalarda kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Ayrıca yaşlanma sonucu bozulmaya dayanıklı, su beyazı orijinal rengi, yüksek sıcaklığa dayanıklı, elektrik akımına karşı dirençli olup, pigment ilavesi yapıldığında dayanıklı ve esnek filmler verir (Budakçı, 2003).

Poliüretan vernik; İki komponentli vernik olup kimyasal tepkimeli vernik gruplarından. Eritici inceltici sıvı buharlaşırken, elemanları kimyasal tepkimeye girer. Bunlar alkollenmiş kuruyan yağlar, polieterler ve poliester ile kastor yağı türevleri gibi bünyesinde (OH) bulunduran bileşenlerin izosiyanatlarla reaksiyonu sonucu meydana gelen ve yapısında N-C-O bulunduran bileşiklerdir (Sönmez, 1989).

2.1.2. Renk açma kimyasalları

Renk açma işleminde kullanılan kimyasalların teknik özellikleri aşağıda verilmiştir (Atar vd., 2010).

Sodyum hidrokisit (NaOH); Beyaz kristal halde olup, çözeltisi kuvvetli reaksiyon gösterir. 18°C sıcaklıkta, %52 oranında çözünür ve bu esnada ısı verir. Çözünme ısısı 9.9 kcal/mol, erime noktası 322 °C, yoğunluğu 1.2 g/cm³, normal çözeltinin pH derecesi 14' tür. Higroskopik bir madde olup, su ve alkolde kolayca çözünür.

Hidrojen peroksit (H₂O₂); Perhidrol olarak bilinen çözelti, renksizdir. Molekül ağırlığı, 34g/mol, erime noktası -26 °C, kaynama noktası 107 °C, bir litredeki ağırlığı ise, 1.12 kg'dır.

Sodyum silikat (Na₂SiO₃); Genellikle alkasil olarak bilinen bu çözelti, suda çözünür ve ince toz haline getirilmiş kuvarsın soda ile birlikte eritilmesiyle elde edilir. Molekül ağırlığı, 22.9 g/mol, erime noktası 1088°C' dir.

Kalsiyum hidrokisit (Ca(OH)₂); Sönmüş kireç olarak bilinen kalsiyum hidrokisit, ince beyaz bir tozdur. Molekül ağırlığı, 74 g/mol, 20°C'de 1 litre suda 1.7g çözünebilmektedir.

Asetik asit (CH₃COOH); Piyasada etenoik asit olarak bilinir ve beyaz, renksiz sıvı halinde satılır. Molekül ağırlığı, 60 g/mol, ergime noktası 16.5°C, yoğunluğu ise, 1.04 g/mol olup renk açma işleminde hem renk açıcı hem de nötrleştirme gereci olarak kullanılır.

Sodyum disülfid (Na₂S₂O₅); Higroskopik bir madde olup beyaz renkli toz halinde piyasada bulmak mümkündür. Yoğunluğu 1.5g/cm³, % 40'lık Na₂S₂O₅ çözeltisi hafif asidik reaksiyon gösterir. Molekül ağırlığı 190 g/mol, erime noktası 170°C olup 20°C sıcaklıkta 54 g/100ml çözünür.

Oksalik asit (C₂H₂O₄); Renksiz prizmalar halinde olup, 100g suda 20°C de 10g çözünür. Sudaki çözeltisinin reaksiyonu kuvvetli asittir. Molekül ağırlığı 126.07 g/mol, erime noktası 101°C, kaynama noktası 150°C, yoğunluğu 1.653 gr/mol olup, orta derecede kuvvetli asit özelliğindedir.

Potasyum permanganat (KMnO₄); Piyasada katı ve sıvı halde bulunur, oksitlenebilir özelliği yanında zehirli olup ucuz ve kolay temin edilebilmektedir. Molekül ağırlığı 158 g/mol, erime noktası 50°C olup, 20°C sıcaklıkta bir litre suda 65g çözünür.

2.2. Yöntem

2.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması

Denemelerde kullanılan ahşap malzemeler TS 2471 standardı esaslarına göre tamamen tesadüfi metotla birinci sınıf ahşap malzemeden düzgün lifli, budaksız, çatlaksız,

reaksiyon odunu bulunmayan, yoğunluk farkı olmayan, mantar ve böcek zararlılarına uğramamış olmalarına özen gösterilmiş ve yıllık halkalar yüzeye dik gelecek şekilde ve diri odun kısımlarından hazırlanmıştır. Deney örnekleri 20±2°C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem şartlarında %12 rutubete ulaşıncaya kadar bekletilmiştir (TS 2471, 1976). Hava kurusu rutubetteki örnekler ASTM E 160-50 esaslarına göre 1.3x1.3x7.6cm ölçülerinde yanma deney örnekleri hazırlanmıştır (ASTM E 160-50, 1975). Denemelerde, 3 ahşap türü, 4 vernik çeşidi + 1 kontrol, 5 renk açma çözeltisi + 1 kontrol, 3 grup ve her grupta 24 adet olmak üzere (3x5x6x3x24) toplam 6480 adet deney numunesi kullanılmıştır.

2.2.2. Renk açma işlemi

Renk açma işlemi için hazırlanan deney numuneleri % 18'lik NaOH+H₂O₂, NaOH+Ca(OH)₂+H₂O₂, NaSiO₃+H₂O₂, Na₂S₂O₅+C₂H₂O₄, KMnO₄+Na₂S₂O₅+H₂O₂ çözelti grupları ile renk açma işlemine tabi tutulmuştur. Renk açıcı olarak, yedi ayrı kimyasal madde ile 5 çözelti grubu oluşturulmuştur (Çizelge 1).

Renk açmada kullanılacak kimyasal maddeler, özelliklerine göre, ağırlıkça (Mg) ya da hacimce (V_{ml}) %18' lik hazırlanmıştır. Bu maksatla, (1) ve (2) numaralı eşitlikler kullanılmıştır (Atar vd., 2010).

Katı halde olanlar için (1);

$$M_g = \frac{M_s \cdot \%M / M}{\%S}$$

M_g = İstenen çözelti miktarı (g),

M_s = Hazırlanması istenen çözelti miktarı (g)

$\%M / M$ = İstenen çözeltinin ağırlıkça yüzdesi,

$\%S$ = Kimyasal maddenin safsızlık oranı (%)

Sıvı halde olanlar için (2);

$$V_{ml} = \frac{V_s \cdot \%V / V}{\%S \cdot d}$$

V_{ml} = İstenen çözelti miktarı (ml),

V_s = Hazırlanması istenen çözelti miktarı (ml)

$\%V / V$ = İstenen çözeltinin hacimce yüzdesi,

d = Çözeltinin yoğunluğu (g/cm³)

Renk açma çözeltileri, deney örnekleri yüzeylerine sünger ile ilk önce liflere paralel daha sonra liflere dik ve tekrar liflere paralel yönde olarak tatbik edilmiştir. Çözeltiyi oluşturan maddeler ayrı ayrı sürülmüş, ilk sürülen maddenin etkisinin artması için yaklaşık 2 dakika bekledikten sonra ikinci çözelti uygulanmıştır. Deneylerde kullanılan 7 renk açıcı kimyasalın pH değerleri pH kâğıdı ile ölçülerek Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Renk açmada kullanılan çözelti grupları

Kimyasal maddeler	Nötrleştirme maddeleri
NaOH+H ₂ O ₂ (R ₁)	
NaOH+Ca(OH) ₂ +H ₂ O ₂ (R ₂)	Destile Su
NaSiO ₃ +H ₂ O ₂ (R ₃)	Asetik Asit (CH ₃ COOH)
Na ₂ S ₂ O ₅ +C ₂ H ₂ O ₄ (R ₄)	
KMnO ₄ +Na ₂ S ₂ O ₅ +H ₂ O ₂ (R ₅)	

Çizelge 2. Renk açıcı kimyasalların pH değerleri

Renk Açıcı Kimyasal	pH (25 °C)
NaOH	14
H ₂ O ₂	4
Na ₂ S ₂ O ₅	5
Ca(OH) ₂	10
C ₂ H ₂ O ₄	2
NaSiO ₃	12
KMnO ₄	12

Renk açma işlemi tamamlandıktan sonra etki derinliğini arttırmak için oda sıcaklığında 2 gün bekletildikten sonra asetik asit ve bol su ile nötrleştirme işlemi yapılmıştır. Bu işleminden sonra, örneklerinin hava kurusu (%12) rutubete ulaşması sağlanmıştır. Vernikleme işleminden önce yüzeyler hafifçe zımparalanmıştır.

2.2.3. Vernikleme işlemi

Deney numunelerine renk açma işlemi uygulandıktan sonra üst yüzey işlemlerine hazır hale getirilebilmesi için iklimlendirme dolabında 20±2 °C sıcaklık ve % 65±3 bağıl nem şartlarında ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Numunelerin verniklenmesi ASTM D 3023 standardı esaslarına göre yapılmıştır (ASTM D 3023, 1998). Su bazlı vernik uygulaması, %10 su karıştırılarak yüksek basınçlı tabanca ile 3 kat olarak uygulanıp %10 rutubet için 20±2°C sıcaklık %65±3 bağıl nem şartlarında 3 hafta süreyle kurumaya bırakılmıştır. Sentetik vernik uygulaması, deney örneklerine fırça ile 3 kat olarak uygulanmıştır. Örnekler, vernik sürme işleminden sonra 20±2°C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem şartlarında kurumaya bırakılmıştır. Örnek yüzeylerine akrilik ve poliüretan vernik uygulaması fırça ile 3 kat uygulanmıştır.

2.2.4. Alev kaynaklı yanma deneyi

Renk açma işlemi yapılmış ve yapılmamış vernikli ve verniksiz ahşap malzemede yanma özelliklerinde ASTM E 160-50 esaslarına uyularak Şekil 1' de gösterilen yanma test cihazı kullanılmıştır (ASTM E 160-50, 1975). Buna göre; yanma deneyi öncesi her örnek grubu tartılarak alettaki tel sehpaye istiflenmiştir. Her katta bulunan örnekler alt ve üstündeki katlarda bulunanlara dikey konumda yerleştirilmiştir. Alev kaynağı istifin altına merkezlenerek 3 dakika süreyle alev kaynaklı yanma sürdürülmüştür (Aşçı ve Keskin, 2019).

2.3. Verilerin değerlendirilmesi

İstatistiksel değerlendirmelerde MSTAT-C istatistik programından yararlanılmıştır. Çok faktörlü varyans analizleri (MANOVA) uygulanmış F testine göre gruplar arası fark anlamlı çıktığında, Duncan testi ile ortalama değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları, en küçük önemli fark (LSD) kritik değerine göre homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir.

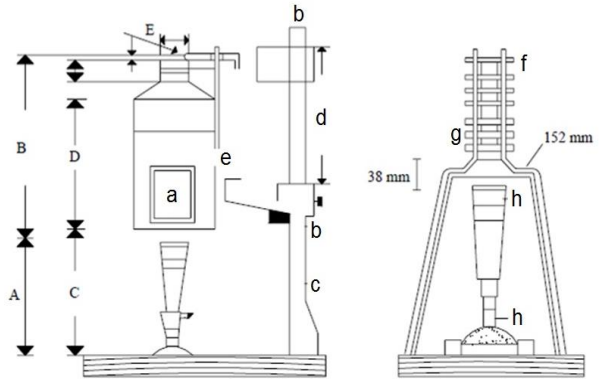
3. Bulgular ve tartışma

3.1. Işık yoğunluğu

Ahşap türü, renk açma çözeltisi ve vernik çeşidi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde; En fazla ışık yoğunluğu ahşap türü düzeyinde kayında, renk açma çözeltisi düzeyinde NaOH+H₂O₂ (R₁)'de, vernik çeşidi düzeyinde sentetik vernikte bulunurken, en az ışık yoğunluğu sarıçamda, Na₂S₂O₅+C₂H₂O₄ (R₄)'de ve akrilik vernikte tespit edilmiştir.

Ahşap türü - renk açma çözeltisi etkileşimi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4' te verilmiştir.



Şekil 1. Yanma test cihazı (Combustion tester) (ASTM E 160-50, 1975) a. Mika cam, b. Kızak sonu, c. Bek rehberi, d. Kızak, e. Potansiyometre veya Milivoltmetre girişi, f. Odun örnekleri, g. Tel kafes, h. Bek (maker tipi) A. 270 mm. B. 430 mm. C. 295 mm. D. 305 mm. E. 38 mm.

Çizelge 3. Ahşap türü, renk açma çözeltisi ve vernik çeşidi düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Ahşap türü	\bar{x}	HG
Doğu kayını (I)	783.1	a*
Sapsız meşe (II)	757.8	b
Sarıçam (III)	739.3	c
LSD: ± 8.403		
Renk açma çözeltisi	\bar{x}	HG
Kontrol (Kr)	776.9	b
NaOH+H ₂ O ₂ (R ₁)	797.8	a*
NaOH+Ca(OH) ₂ +H ₂ O ₂ (R ₂)	743.2	c
NaSiO ₃ +H ₂ O ₂ (R ₃)	736.7	c
Na ₂ S ₂ O ₅ +C ₂ H ₂ O ₄ (R ₄)	717.4	d
KMnO ₄ +Na ₂ S ₂ O ₅ +H ₂ O ₂ (R ₅)	788.3	ab
LSD: ± 11.88		
Vernik çeşidi	\bar{x}	HG
Kontrol(Kv)	792.4	ab
Su bazlı vernik (Sb)	782.6	b
Sentetik vernik (St)	798.0	a*
Poliüretan vernik (Pü)	731.0	c
Akrilik vernik (Av)	696.4	d
LSD: ± 10.85		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, LSD: En az anlamlı fark,

*: Işık yoğunluğunda en fazla artış

Çizelge 4 incelendiğinde; Kayında ışık yoğunluğu değişimi 706.4 değeri ile en az $\text{NaSiO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_3) elde edilirken, en fazla 823.0 değeri ile $\text{KMnO}_4+\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_5) yapmıştır. Meşe de ışık yoğunluğundaki değişimi 709.5 değeri ile en az $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (R_4) yaparken, en fazla 788.3 değeri ile $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_5) yapmıştır. Sarıçam ahşap malzemedeki ışık yoğunluğundaki değişimi 688.9 değeri ile en az $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (R_4) yaparken, en fazla 793.1 değeri ile $\text{NaOH}+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_1) yapmıştır. Bu sonuçlara göre en fazla ışık yoğunluğu değişimi $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_5) ile rengi açılmış kayında, en az $\text{NaHSO}_3+\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (R_4) ile rengi açılmış sarıçamda elde edilmiştir. $\text{NaOH}+\text{Ca}(\text{OH})_2+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_2) ile rengi açılmış meşe ve sarıçam arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Ahşap türü - vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5' de verilmiştir.

Çizelge 5 incelendiğinde; Kayın ahşap malzemedeki ışık yoğunluğundaki değişimi 700.5 değeri ile en az akrilik vernik (Av) yaparken, en fazla 852.5 değeri ile sentetik vernik (St) yapmıştır. Meşe ahşap malzemedeki ışık yoğunluğundaki değişimi 728.8 değeri ile en az akrilik vernik (Av) yaparken, en fazla 811.8 değeri ile poliüretan vernik (Pü) yapmıştır. Sarıçam ahşap malzemedeki ışık yoğunluğundaki değişimi 616.9 değeri ile en az poliüretan vernik (Pü) yaparken, en fazla 794.6 değeri ile su bazlı

vernici (Sb) yapmıştır. Bu sonuçlara göre en fazla ışık yoğunluğu değişimi sentetik vernikli kayında, en az poliüretan vernikli sarıçamda elde edilmiştir. Su bazlı vernikli kayın ve sarıçam arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Akrilik vernik (Av), diğer üç vernik çeşidine göre ışık yoğunluğundaki en az değişimi kayın ve meşe de yaparken, sarıçamda ise su bazlı ve sentetik verniğe göre en az değişim yapmıştır.

Renk açma çözeltilisi - vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 6' da verilmiştir.

Çizelge 6 incelendiğinde; Su bazlı vernikte (Sb) ışık yoğunluğundaki değişimi 722.1 değeri ile en az (R_2) yaparken, en fazla 853.1 değeri ile (R_1) yapmıştır. Sentetik vernikte (St) ışık yoğunluğundaki değişimi 731.8 değeri ile en az (R_4) yaparken, en fazla 871.2 değeri ile (R_5) yapmıştır. Poliüretan vernikte (Pü) ışık yoğunluğundaki değişimi 603.3 değeri ile en az (R_4) yaparken, en fazla 793.7 değeri ile (R_2) yapmıştır. Akrilik vernikte (Av) ışık yoğunluğundaki değişimi 589.0 değeri ile en az (R_3) yaparken, en fazla 786.2 değeri ile (R_1) yapmıştır. Bu sonuçlara göre en fazla ışık yoğunluğu değişimi $\text{KMnO}_4+\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_5)' li sentetik vernikte, en az $\text{NaSiO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_3)' li akrilik vernikte elde edilmiştir.

Ahşap türü, renk açma çözeltilisi ve vernik çeşidinin ışık yoğunluğuna etkilerine ilişkin çok faktörlü varyans analizi sonuçları Çizelge 7' de verilmiştir.

Çizelge 4. Ahşap türü-renk açma çözeltilisi düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Ahşap türü	Renk açma çözeltilisi									
	R_1		R_2		R_3		R_4		R_5	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
Doğu kayını (I)	821.1	a	779.6	bc	706.4	ef	753.9	d	823.0	a*
Sapsız meşe (II)	779.3	bc	728.0	e	777.7	bc	709.5	ef	788.3	b
Sarıçam (III)	793.1	b	722.1	e	726.0	e	688.9	f	753.7	d

LSD (En az anlamlı fark): ± 20.58 , \bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: Işık yoğunluğunda en fazla artış

Çizelge 5. Ahşap türü-vernici çeşidi düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Ahşap türü	Vernik çeşidi							
	Sb		St		Pü		Av	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
Doğu kayını (I)	792.4	bc	852.5	a*	764.2	d	700.5	g
Sapsız meşe (II)	760.8	d	751.4	de	811.8	b	728.8	f
Sarıçam (III)	794.6	bc	790.1	c	616.9	ı	660.0	h

LSD (En az anlamlı fark): ± 18.79 , \bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: Işık yoğunluğunda en fazla artış

Çizelge 6. Renk açma çözeltilisi-vernici çeşidi düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Vernik çeşidi	Renk açma çözeltilisi									
	R_1		R_2		R_3		R_4		R_5	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
Su bazlı vernik (Sb)	853.1	ab	722.1	lm	787.7	fghı	822.7	cde	758.3	ijk
Sentetik vernik (St)	760.8	hijk	783.7	fghı	812.4	cdef	731.8	klm	871.2	a*
Poliüretanvernici (Pü)	791.2	fghı	793.7	efg	726.8	lm	603.3	op	750.5	jkl
Akrilik vernik (Av)	786.2	fghı	629.4	o	589.0	p	668.6	n	760.4	hijk

LSD (En az anlamlı fark): ± 26.57 , \bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: Işık yoğunluğunda en fazla artış

Çizelge 7. Işık yoğunluğu değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

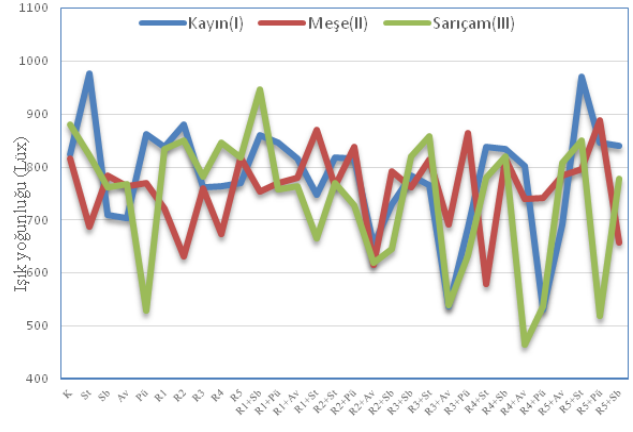
Faktör	SD	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	$P \leq 0.05$
Faktör A	2	87073.852	43536.92	53.1145	0.0000*
Faktör B	4	425840.95	106460.2	129.880	0.0000*
AB	8	525709.13	65713.64	80.1698	0.0000*
Faktör C	5	231823.66	46364.73	56.5644	0.0000*
AC	10	99599.356	9959.936	12.1510	0.0000*
BC	20	523011.60	26150.58	31.9034	0.0000*
ABC	40	910374.80	22759.37	27.7661	0.0000*
Hata	180	147542.49	819.681		
Toplam	269	2950975.8			

*: Fark, 0.05' e göre anlamlı, SD: Serbestlik Derecesi

Varyans analizi sonuçlarına göre; Ahşap türü, renk açma çözeltilisi, vernik çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek için yapılan DUNCAN testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 8’ de verilmiştir.

Çizelge 8 incelendiğinde; En fazla ışık yoğunluğu $KMnO_4+Na_2S_2O_5+H_2O_2$ (R_5) renk açma çözeltilisi uygulanmış sentetik vernikle kaplanmış kayında görülürken, en az $Na_2S_2O_5+C_2H_2O_4$ (R_4) renk açma çözeltilisi uygulanmış akrilik vernikle kaplanmış sarıçamda elde edilmiştir. Buna göre; ışık yoğunluğunun artmasında, renk açma çözeltilisinin yanı sıra vernik çeşidi ve ahşap türünün de etkili olduğu söylenebilir.

Ahşap türü-renk açma çözeltilisi-vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde alev kaynaklı yanmada ışık yoğunluğu (Lüx) değerlerine ilişkin grafik Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Ahşap malzemelerde işlem çeşidine göre alev kaynaklı yanmada ışık yoğunlukları

Çizelge 8. Ahşap türü-renk açma çözeltilisi-vernik çeşidi düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları

İşlem çeşidi	\bar{x}	HG	İşlem çeşidi	\bar{x}	HG
I+St	976.0	a	II+Pü	770.4	klmnopqrstu
I+R ₅ +St	969.2	a*	II+R ₁ +Pü	770.0	klmnopqrstu
III+R ₁ +Sb	945.8	a	III+R ₂ +St	769.4	klmnopqrstu
II+R ₅ +Pü	887.9	b	I+R ₅	769.1	klmnopqrstu
I+R ₂	880.1	bc	III+Av	766.8	klmnopqrstu
III	879.6	bc	I+R ₃ +St	766.2	klmnopqrstu
II+R ₁ +St	870.1	bcd	I+R ₄	764.4	lmnopqrstuv
II+R ₃ +Pü	863.6	bcde	II+Av	764.3	lmnopqrstuv
I+Pü	861.3	bcde	II+R ₃ +St	763.7	lmnopqrstuv
I+R ₁ +Sb	860.0	bcdef	III+R ₁ +Av	763.2	mnoqrstuv
III+R ₃ +St	856.6	bcdef	III+Sb	762.0	mnoqrstuv
III+R ₂	850.4	bcdefg	I+R ₃	761.1	mnoqrstuv
III+R ₅ +St	849.3	bcdefg	II+R ₃ +Sb	760.6	nopqrstuv
I+R ₅ +Pü	846.0	bcdefg	II+R ₃	759.5	opqrstuv
I+R ₁ +Pü	845.5	bcdefg	III+R ₁ +Pü	758.1	pqrstuvw
III+R ₄	845.3	bcdefg	II+R ₁ +Sb	753.4	qrstuvw
I+R ₅ +Sb	840.0	bcdefgh	I+R ₁ +St	747.7	rstuvw
I+R ₄ +St	838.2	bcdefghi	II+R ₄ +Pü	741.7	stuvw
I+R ₁	837.1	bcdefghi	II+R ₄ +Av	738.9	stuvwxy
II+R ₂ +Pü	837.0	bcdefghi	I+R ₂ +Sb	729.4	tvwxy
III+R ₁	833.7	bcdefghij	III+R ₂ +Pü	727.7	tvwxy
I+R ₄ +Sb	833.4	bcdefghij	II+R ₁	722.4	vwxyz
I	823.6	cdefghijk	I+Sb	708.6	wxyz
III+St	822.0	defghijkl	I+Av	703.7	wxyz
III+R ₃ +Sb	819.8	defghijklm	I+R ₅ +Av	690.7	xyz
III+R ₄ +Sb	819.1	defghijklmn	II+R ₃ +Av	690.6	xyz
I+R ₂ +St	817.9	defghijklmno	II+St	686.5	yz
II+R ₅	817.7	defghijklmno	I+R ₃ +Pü	684.2	yz
III+R ₅	817.0	defghijklmno	II+R ₄	672.5	z
I+R ₂ +Pü	816.4	defghijklmnop	III+R ₁ +St	664.7	[] ^
II	815.5	defghijklmnop	II+R ₅ +Sb	658.0	[] ^
II+R ₄ +Sb	815.5	defghijklmnop	I+R ₂ +Av	654.0	[] ^
I+R ₁ +Av	815.0	defghijklmnop	III+R ₂ +Sb	644.3] ^
II+R ₃ +St	814.4	defghijklmnop	III+R ₃ +Pü	632.6] ^
III+R ₅ +Av	807.5	efghijklmnopq	II+R ₂	631.4] ^
I+R ₄ +Av	801.9	fghijklmnopqr	III+R ₂ +Av	618.7	^ _
II+R ₅ +St	794.9	ghijklmnopqrs	II+R ₂ +Av	615.6	^ _
II+R ₂ +Sb	792.5	ghijklmnopqrs	II+R ₄ +St	579.0	^ _
II+Sb	784.5	hijklmnopqrst	III+R ₃ +Av	538.9	^ A
II+R ₅ +Av	782.9	hijklmnopqrst	I+R ₃ +Av	537.6	^ A
I+R ₃ +Sb	782.8	hijklmnopqrst	III+R ₄ +Pü	536.6	^ A
III+R ₃	782.2	hijklmnopqrst	I+R ₄ +Pü	531.8	^ A
II+R ₁ +Av	780.4	ijklmnopqrst	III+Pü	529.0	^ A
III+R ₄ +St	778.4	ijklmnopqrstu	III+R ₅ +Pü	517.7	A
III+R ₅ +Sb	776.9	ijklmnopqrstu	III+R ₄ +Av	465.1	B**

LSD (En az anlamlı fark): ± 46.02 , \bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu,* : Işık yoğunluğunda en fazla artış, ** : Işık yoğunluğunda en az artış

4. Sonuç ve öneriler

Alev kaynaklı yanmada, ışık yoğunluğu tekli karşılaştırmalarda ahşap türü düzeyinde en fazla; kayında, en az sarıçamda bulunmuştur. Kayında ışık yoğunluğu meşeden %3, sarıçamdan %6 daha fazla ölçülmüştür. Kayın odununda en fazla tespit edilen alev kaynaklı yanmada ışık yoğunluğu yangında dumandan boğulma riskini azaltacağından dikkate alınması gereken önemli bir parametre olarak görülebilir.

Renk açma çözültisi düzeyinde ışık yoğunluğu en fazla $\text{NaOH}+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_1)' de, en az $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (R_4)' de elde edilmiştir. Kontrol örneğine göre, (R_1) ve (R_5) çözültileri arttırıcı diğer çözültiler ise azaltıcı etki göstermiştir. Nitekim Kontrol örneklerine göre yaklaşık (R_1) %3, (R_5)'te %2 oranında arttırıcı, (R_2) %4, (R_3) %5 ve (R_4)'te %8 azaltıcı etki göstermiştir.

Vernik çeşidi düzeyinde ışık yoğunluğu en fazla sentetik vernikte, en az akrilik vernikte tespit edilmiştir. Kontrol örneklerine göre sentetik vernik hariç diğerlerinde az bulunmuştur. Nitekim kontrol örneğine göre, sentetik vernikte %1 daha fazla, su bazlı vernikte %1.2, poliüretan vernikte %8 ve akrilik vernikte %12 daha az ölçülmüştür.

Verniklerde katman kalınlığı (μm); sentetik vernikte 92, poliüretan vernikte 120, su bazlı vernikte 66, akrilik vernikte 128 ölçülmüştür. Vernik katman kalınlıkları arasında oluşan farklılık, verniklerin katı madde miktarından kaynaklanmış olabilir. Elde edilen sonuçlar literatür ile uyumludur (Sönmez, 1989).

Ahşap malzeme+renk açma çözültisi etkileşiminde, ışık yoğunluğu değişimi en fazla, $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_5) ile rengi açılmış kayında olurken, ahşap malzeme kullanımı olarak meşe ve sarıçamın seçilmesi durumunda ise Meşe+(R_5) ve Sarıçam+(R_1) kullanılması önerilebilir. Ahşap malzeme+vernük çeşidi etkileşiminde, en fazla ışık yoğunluğu değişimi, sentetik vernikli kayında tespit edilirken, ahşap malzeme kullanımı olarak meşe ve sarıçamın seçilmesi durumunda ise Meşe+poliüretan vernük (Pü) ve Sarıçam+su bazlı vernük (Sb) kullanılması önerilebilir. Renk açma çözültisi+vernük çeşidi etkileşiminde, ışık yoğunluğu değişimi en fazla, $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_5)' li sentetik vernikte bulunurken, farklı vernüklerin kullanılması durumunda ise uygunluk, su bazlı vernük+(R_1), poliüretan vernük+(R_2), akrilik vernük+(R_1) şeklinde bulunmuştur.

Ahşap malzeme + renk açma çözültisi + vernük etkileşiminde uygunluk; $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_5) ile rengi açılmış sentetik vernikle kaplanmış kayında tespit edilirken, Meşe ahşap malzemedeki (R_5) + Pü, Sarıçam ahşap malzede ise (R_1) + Sb şeklinde tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, yangında dumandan boğulma riskinin olmaması için alev kaynaklı yanma esnasında en fazla ışık yoğunluğuna sahip $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ (R_5) ile rengi açılmış sentetik vernikle kaplanmış kayın ahşap malzemenin kullanılması önerilebilir. Ahşap malzeme olarak meşe ve sarıçamın, renk açma çözültisi olarak R_1 , R_2 , R_3 ve R_4 'ün, vernük çeşidi olarak subazlı (Sb), poliüretan (Pü) ve akrilik (Av) vernükün kullanılması durumunda ise ışık yoğunluğundaki farklılığın dikkate alınması bu bakımdan önem taşımaktadır.

Işık yoğunluğu en az olan örnekler, yangında dumandan boğulma riskini arttırabileceklerinden uygulama alanlarında bu durumun dikkate alınması önerilebilir. Nitekim

literatürde, yanma esnasında bol duman ve karbonmonoksitin çıkmasına, oksijenin azlığı nedeniyle eksik yanmanın yol açtığı bildirilmiştir (Kars, 1999). Yangınlarda meydana gelen asıl ölümlerin ortam sıcaklığından çok ortama yayılan duman ve zehirli gazlardan kaynaklandığı, duman içinde bulunan parçacıkların, büyük bir yoğunluğunun öldürücü etkisinin olduğu, yanma sonucunda ortamda toplanan yoğun dumanın, sadece insanın fizyolojik yapısına zarar vermekle kalmadığı, görüş mesafesini azaltarak, tahliye problemlerine neden olabildiği bildirilmiştir (Kök, 2020).

Kaynaklar

- ASTM D 358, 1998. Standard specification for wood to be used as panels in weathering tests of coatings. ASTM Standards, USA.
- ASTM D-3023, 1998. Standard practice for resistance of factory applied coatings on wood products of stain and reagents. ASTM Standards, USA.
- ASTM E 160-50, 1975. Standart test method for combustible properties of terated wood by the crib test. ASTM Standards, USA.
- Aşçı, T., Keskin, H., 2019. Combustion properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* Lipsky) wood impregnated with boron compound doped colophony. Furniture and Wooden Material Research Journal, 2(1): 11-22.
- Atar, M., Yalınkılıç, A.C., Aksoy, E., 2010. Renk açma işleminin ağaç malzemenin yanma özelliklerine etkileri. TÜBİTAK Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 109O043, Ankara.
- Bankowsky, B., Eichletoer, N., 1993. Raw materials for environment friendly wood lacquers, WKI-Bench. Holer Working Party, For Wood Research, Brunswick, 31: 145-157.
- Banks, W.B., Miller, E.R., 1982. Chemical aspects of wood techology Sweden. Forest Products Journal, 11(4): 57-64.
- Budakçı, M., 2003. Pnömatik adezyon deney cihazı tasarımı, üretimi ve ahşap vernüklerinde denemesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Edwin, P.B., Carter, M., 1983. Wood Bleaches and Bleaching Methods, Finishing Eastern, Hard Woods. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, Madison, USA.
- Fidan, M.S., Yaşar, Ş., Yaşar, M., Atar, M., Alkan, E., 2016. Combustion characteristics of impregnated and surface-treated chestnut (*castanea sativa* mill.) wood left outdoors for one year. BioResources, 11(1): 2083-2095.
- Highley, T.L., Kicle, T.K., 1990. Biologuel degraation of wood. Phytost Hology, 69: 1151-1157.
- Kars, F., 1999. Yapılarda yangın riskini sınırlamaya yönelik önlemler ve duman kontrolünün sağlanması. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 4-7 Kasım, İzmir, s. 723-734.
- Keskin, H., 2009. Impacts of impregnation chemicals on the flame source combustion light intensity of the laminated veneer lumber (LVL). Wood Research, 54(4): 67-78.
- Kök, F., 2020. Yangında açığa çıkan gazların, insan sağlığına vereceği zararın engellenmesi. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(2): 83-94.
- Örs, Y., Keskin, H., 2008. Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Kitabı. Gazi Yayıncılık, Ankara.
- Özçifçi, A., 2001. Renk açıcı kimyasal maddelerin sapsız meşe (*Quercus sessiliflora* Salisb.) odununun yanma özelliklerine etkileri. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi, 3(4): 63-72.
- Sönmez, A., 1989. Ağaçtan yapılmış mobilya üstyüzeylerinde kullanılan vernüklerin önemli mekanik fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- TS 2471, 1976. Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini, TSE, Ankara.
- Uysal, B., Özçifçi, A., 2000. Rengi açılan doğu kayını odununun (*Fagus orientalis* Lipsky) yanma özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(1): 363-371.
- Yaşar, Ş., Atar, M., 2017. Ahşap koruyucularla muamele edilmiş bazı ağaç malzemelerin yanmasıyla ortaya çıkan gaz emisyon miktarları. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6(3): 503-514.