



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AHŞAP VE AHŞAP ESASLI KOMPOZİT
LEVHALARDA UYGULANAN BOYA
TÜRLERİNİN YANGIN DAYANIMINA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Tansel GÖKÇE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yapı Anabilim Dalı

NİSAN-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Tansel GÖKÇE tarafından hazırlanan “Ahşap Ve Ahşap Esaslı Kompozit Levhalarda Uygulanan Boya Türlerinin Yangın Dayanımına Etkilerinin Araştırılması” adlı tez çalışması 26/12/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yapı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç.Dr. Arife AKIN

Danışman

Prof.Dr. Mustafa ALTIN

Üye

Doç.Dr. Fatih BAHADIR

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Tansel GÖKÇE
Tarih:03.01.2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

AHŞAP VE AHŞAP ESASLI KOMPOZİT LEVHALARDA UYGULANAN BOYA TÜRLERİNİN YANGIN DAYANIMINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Tansel GÖKÇE

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Yapı Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ALTIN

2024,89 Sayfa

Jüri

Prof.Dr. Mustafa ALTIN
Doç.Dr. Arife AKIN
Doç.Dr. Fatih BAHADIR

Dünden bugüne gerek yapı malzemesi gerek mobilya malzemesi olarak hayatının her alanında ahşap malzemeyi kullanmaktayız. Gelişen teknolojiyle birlikte ahşap malzemeler gün geçtikçe gelişim göstermektedir. Doğal ahşap malzemenin bakımı ve işlenebilirliğinin zor olması, maliyetlerinin yüksek olması, ahşap malzemenin kaynağı olan ağaçların fazlaca tüketilmesi gibi nedenlerle ahşap endüstrisi alternatif arayışına girmiş ve ahşapların çeşitli işlemlere maruz kalmasıyla elde edilen ahşap kompozit malzemelerin geliştirilmesine önem vermiştir. Bununla beraber ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin yanabilen malzemeler olduğu bilinmektedir. Bu nedenle yangına dayanıklı kimyasalların ahşap sektöründe kullanımı artmıştır. Brom(Br), Klor(Cl), Fosfor(P), Bor(B), Azot(N) gibi iki veya daha fazla element içeren bileşiklerin alev dayanımı üzerinde etkili olduğu çeşitli araştırmalar sonucu kanıtlanmıştır. Bu çalışmada yangın geciktirici boyaların, çeşitli ağaç türlerinden elde edilen ahşap ve ahşap kompozit malzemeler üzerinde yangına karşı ne gibi etkilerinin olduğu ayrıca elde edilen numunelerin gerçekleştirilen tek kaynaklı alev deneyinde fiziksel, kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Ahşap malzeme olarak kavak, köknar, kayın, çam ahşap kompozit malzeme olarak MDF, OSB, sunta yangına dayanıklı boya malzemesi olarak yangına dayanıklı bor katkılı boya, yangına dayanıklı su ve solvent bazlı boya kullanılmıştır. Bu malzemeler fırça yöntemiyle boyanmıştır. Deneyler sonunda, ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin yangın geciktirici boyalar ile ısıya karşı nasıl tepki verdikleri kimyasal, fiziksel değişimleri, alev alma, tutuşma anları incelenmiştir. Deney malzemelerinin deney öncesi, deney sonrası, deney esnasındaki termal kamera görüntüleri, tutuşma ve alev alma anları fotoğraflanmıştır. Ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin ilk ağırlıkları, boyalı ağırlıkları, deney sonrası ağırlıkları, ilk hacimleri son hacimleri, ilk ebatları son ebatları belirlenmiş, değerlerin ortalamaları hesaplanmış ve grafikleri yapılmıştır. Yapılan tek kaynaklı yangın deneyi aynı standartlarda üç defa gerçekleştirilmiş, sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ahşap, Kompozit, Kontrplak, Tek kaynaklı yangın deneyi, Tutuşabilirlik, Yangın geciktirici, Yanma dayanımı

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECTS OF PAINT TYPES APPLIED ON WOOD AND WOOD-BASED COMPOSITE BOARDS ON FIRE RESISTANCE

Tansel GÖKÇE

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of CONSTRUCTION**

Advisor: Prof. Dr. Mustafa ALTIN

2024, 89 Sayfa

Jury

**Prof.Dr. Mustafa ALTIN
Doç.Dr. Arife AKIN
Doç.Dr. Fatih BAHADIR**

From past to present, we have been using wooden materials in every aspect of our lives, both as building materials and furniture materials. With developing technology, wooden materials are improving day by day. For reasons such as the difficulty of maintenance and workability of natural wood materials, their high costs, and the excessive consumption of trees, which are the source of wood materials, the wood industry has started to search for alternatives and has given importance to the development of wood composite materials obtained by exposing wood to various processes. However, it knows that wood and wood composite materials are flammable materials. For this reason, the use of fire-resistant chemicals in the wood industry increased. It has been proven through various studies that compounds containing two or more elements such as Bromine (Br), Chlorine (Cl), Phosphorus (P), Boron (B), Nitrogen (N) are effective on flame resistance. In this study, the effects of fire retardant paints on wood and wood composite materials obtained from various tree species against fire investigated, as well as the physical and chemical properties of the obtained samples in the single-source flame test. As wood materials, poplar, fir, beech, pine, MDF, OSB and chipboard had used as wood composite materials. Fire resistant boron added paint and fire resistant water and solvent-based paint had used as fire resistant paint materials. These materials painted using by the brush method. At the end of the experiments, how wood and wood composite materials react to heat with fire retardant paints, their chemical and physical changes, ignition and ignition moments examined. Thermal camera views of the experimental materials before the experiment, after the experiment, during the experiment, and the moments of ignition and ignition photographed. Initial weights, painted weights, post-test weights, initial volumes, final volumes, initial dimensions and final dimensions of wood and wood composite materials determined, the average of the values calculated and graphs of ignition and ignition times has been made. The single source fire test carried out three times at the same standards and the results interpreted.

Keywords: Wood, Composite, Plywood, Single source fire test Flammability, Fire retardant, Patch resistance

ÖNSÖZ

Araştırmalarımın her aşamasında bana yardımcı olan, eğitim alanında dersleriyle bize vizyon katan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Sayın Mustafa ALTIN'a,

Deneysel çalışmalarda kullandığımız malzemelerin temini için yardımcı olan tüm firma sahiplerine, yüksek lisans eğitimimde bana destek olan Kübra ERDEM'e

Manevi desteğiyle her zaman yanımda olan sevgili Annem Dilek GÖKÇE'ye, Babam Oktay GÖKÇE'ye ve kardeşim Tayfun GÖKÇE'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tansel GÖKÇE
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Ahşap Malzemenin Tanımı ve Anatomik Yapısı	3
1.1.2. Ahşap Malzemenin Fiziksel Kimyasal ve Mekanik Özellikleri	5
1.1.3. Ağaç Malzemenin Yanma Özelliği ve Ahşap Su İlişkisi.....	6
1.2. Yanmayı Önleyici Kimyasal Maddeler	7
1.2.1. Yangın Geciktiricilerin, Fiziksel, Kimyasal, Mekanik Özellikleri ve Performans Değerlendirmeleri Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar.....	8
1.2.2. Ahşap Kompozit Malzemeler	9
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Tek Kaynaklı Yangın Deneyi ve Deneyde Kullanılacak Malzemeler	17
3.1.2. Yangın Önleyici Boya Malzemelerinin Teknik Özellikleri.....	23
3.1.3 Tek Kaynaklı Yanma Deneyinde Materyal Hazırlama	27
3.2. Boya Sonrası İşlemler	29
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	30
4.1. Tek Kaynaklı Yangın Deney Sonuçlarının Tablo ve Grafiklerle Gösterilmesi....	30
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR.....	79

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$^{\circ}\text{C}$:Derece

λ_h :Isıl iletkenlik hesap değeri

μ :Su buharı difüzyon direnç faktörü

Kısaltmalar

LDN: Lif doygunluğu noktası



1. GİRİŞ

Ahşap, geçmişten günümüze insanların pek çok ihtiyacını karşılamada önemli role sahiptir. Erişilebilirliği, hafifliği, yapısal özellik anlamında sağlam olması ayrıca yenilenebilir bir kaynak olması sebebiyle kullanımı yaygındır.

Ahşap malzeme, geçmiş zamanlardan günümüze kadar yapılarda tavan, zemin, duvar kaplaması veya yardımcı bir malzeme olarak karşımıza çıkabilmektedir. Ahşap, mobilya ve kaplama malzemesi olarak ihtiyacı karşılayamadığından alternatif olarak ahşap esaslı kompozit malzeme piyasada yerini almıştır. Kompozitler, talaş veya tomruklarından elde edilen katmanların bazı kimyasallar ile birleştirilmesi sonucu genelde standart ölçülerde üretilmektedir. Ahşap bazlı kompozit malzemeler, üretim ve işlenebilir kolaylığı açısından pek çok alanda kullanılmaktadır (Özgündüz, 2019).

Ahşabın yangın geciktirici boyalar ile boyanması odunun, çeşitli koruyucu özelliklere sahip kimyasallara maruz bırakılması anlamına gelmektedir. Bunlar genellikle solvent ve su bazlı boyalar şeklinde sınıflandırılır.

Ağacın doğadan elde edildiği haliyle istenilen mukavemete sahip olmamasının nedeni, doğal bir malzeme olması ve çevresindeki suyu emme refleksi göstermesindendir. Bu durum yapısında fiziksel değişikliklere yol açmakta ve koruyucu maddelere muhtaç bırakmaktadır. Ayrıca çürükçül canlıların sebep olduğu zararlara gösterdiği düşük direnç ve yanmaya kaşı zaafı, ağaç malzemenin tercih edilmeyen özelliklerindendir. Hizmet ömrünü artırmada, ağaç malzemeyi koruma amaçlı boyanması önem arz etmektedir (Özgündüz, 2019).

Bu çalışmada çeşitli koruyucu kimyasal maddelerin (su, solvent bazlı yangına dayanıklı boya ve bor katkılı boya) MDF, OSB, ham sunta kavak, köknar, kayın ve çam ahşap malzemeleri üzerindeki fiziksel ve kimyasal etkileri tek kaynaklı yangın deneyi ile incelenecektir.

Odunun iç ve dış ortamdan korunması dünyada ve özellikle ülkemizde zorunlu hale gelmiştir. Orman kaynaklarının korunması ve nesillere aktarılabilmesi için birçok

koruma yöntemleri geliştirilmiş olmasına rağmen yeterli değildir. Yangına karşı kullanılabilecek metotların araştırılması gereğiyle deney gerçekleştirilmiştir.

Organik bir madde olan ağacın çürümesi tabii bir olaydır. Özellikle kimyasal önlemlerle ağaç malzemeyi uzun yıllar zararlardan korunmak mümkündür. Koruma yöntemlerinin yanında ahşap yanıcı bir maddedir ve kendiliğinden yanması için sıcaklığın 275°C'ye ulaşması gerekir. Ahşabın yanmasına yönelik direncinin artırılmasında koruyucu kimyasal maddelerle boyanması birçok alanda zorunlu hale gelmiştir (Arne ve ark., 2015).

Duman oluşumu yönünden ağaç türleri arasında pek farklılık bulunmamaktadır. Bununla beraber alevli yanmalarda duman gözlemlenebilir. Duman oranının ısı şiddetine bağlı olduğu bilinmektedir (Kartal, 2004).

Konutlarda meydana gelen yangın, insan hayatını hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkileyen tehlikeli ve riskli bir olaydır. Yangınlar aynı zamanda dünya çapında yılda yaklaşık 200.000 kişinin ölümüne sebep olan en önemli doğal afetlerden biridir. Yangına bağlı yaralanmalar ve ölümler her ne kadar düşük ve orta gelirli ülkelerde yaygın olsa, bu konu gelişmiş ülkelerde de endişe vericidir (Altın ve Kılıçarslan, 2023).

Yapılan çalışma sonucu elde edilen veriler, tarihi değerlerini koruyan ülkemiz nezdinde özellikle tarihi yapılarda afet, kaza veya herhangi bir sebeple ihtiyaç duyulan restorasyon çalışmalarında değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Yangın esnasında yapıyı en az zararla kurtarmak için tek kaynaklı alev deneyleri gerçekleştirilerek deney malzemelerinin fiziksel, kimyasal ve yanma özellikleri araştırılmış, alev alma, tutuşma süreleri belirlenmiş, ağırlık ve yoğunluk kayıpları incelenmiştir. Bununla birlikte malzemelerin deneyden önceki ve sonraki hallerinin görüntüleri ayrıca tutuşma ve alev alma anlarının görüntüleri fotoğraflanmıştır.

Ahşap ve ahşap kompozit deney malzemelerinin İlk ağırlık, son ağırlık, ilk yoğunluk, son yoğunluk, ilk hacim, son hacim şeklinde ki değerleri kıyaslanmıştır. Deney sırasında çekilen ve tabloda yer verilen termal kamera görüntülerdeki sıcaklıklarda en iyi dayanımı sağlayan boyanın tespiti amaçlanmıştır.

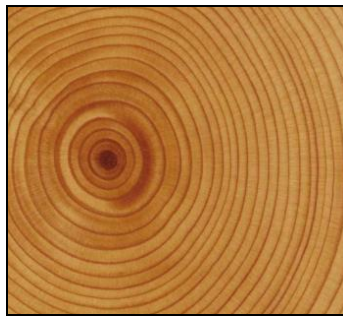
1.1. Ahşap Malzemenin Tanımı ve Anatomik Yapısı

Ahşap, ağaçtan elde edilen lifli ve homojen bir malzemedir. Bununla birlikte barınma ihtiyacını karşılamak adına birçok alanda kullanılan ve yenilenebilen bir yapı malzemesidir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Günümüzde daha çok yapı malzemesi olarak kullanılan ahşap malzeme metal, alüminyum, çelik ve betona göre yalıtım ve görünüm açısından daha çok tercih edilmektedir. İşlenebilmesi uygun malzeme olduğu için mobilya sektöründe de kullanılır. Kullanım alanlarına göre farklılık gösteren ağaç çeşitleri farklı sertlik değerlerine, renklere, dokulara ve kokulara sahiptir (Çelik, 2013).

Ahşap, canlı organizmadan elde edildiği için diğer yapı malzemelerine kıyasla farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri bünyesinde barındırır. Yapısal olarak anatomisi, makroskobik ve mikroskobik olarak ikiye ayrılır.

Makroskobik özellikleri rengi, kokusu, dokusu, lif yapısı, budak yapısı gibi gözle görülebilen özellikleridir. Ahşap malzemenin enine veya boyuna kesilmesi kesit yüzeylerinde değişiklik gösterebilir. Ağaç kabuğu soyulduğunda görünen yüzey teğet kesitidir. Teğet kesitin yüzeyi dalgalıdır. Bu gibi ahşap malzemenin görünümündeki değişiklikler, ahşap malzemenin doku yapısını anlamamızı sağlar. Şekil 1.1.'de enine kesitte öz odunu ve yaş halkalar gösterilmiştir (Kır, 2015).



Şekil 1.1. Enine kesitte yaş halkalar ve öz odunu (Kır, 2015)

Ahşap malzemenin mikroskop altında ortaya çıkan özelliklerine ahşap malzemenin mikroskobik özellikleri denir. Ahşabın hücre yapısında dışta hücre çeperi, çeper üzerinde hücreler arası su akışını sağlayan kanallar ve ortada hücre boşluğu

bulunur. Hücreler arası iletim, yapısal destek ve depolama görevini görür. Çok sayıda hücre tipi bir araya gelerek ağacın dokusunu oluşturur (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Ağaç hücrelerinin büyük veya küçük olması dokusunun kalın veya ince olmasıyla doğru orantılıdır. Hücrelerinin düzenli veya düzensiz olması gruplandırmada kolaylık sağlamaktadır. Tablo 1.1’de doku özelliklerine göre ağaç türlerinin sınıflandırılması gösterilmiştir (Kır, 2015).

Tablo 1.1. Doku özelliklerine göre ağaç türleri (Kır, 2015)

Çok ince dokulu ağaçlar	Şimşir
İnce dokulu ağaçlar	Akçaağaç
Orta dokulu ağaçlar	Huş
Oldukça kaba dokulu ağaçlar	Ceviz, Maun
Kaba dokulu ağaçlar	Meşe, Dişbudak
Düzenli dokulu ağaçlar	Ladin, Köknar, Akçaağaç, Huş
Düzensiz dokulu ağaçlar	Meşe, Dişbudak

Ahşabın rengini diri ve öz odun bölümleri belirlemektedir. Diri odun sarı beyaz tonlarında, öz odun ise beyazdan siyaha kadar farklı renklerde olabilir. Öz odunun oksijene veya güneş ışınlarına maruz kalması ahşap renginin koyulaşmasına neden olabilir. Bu yüzden aynı ağaçtan elde edilen ahşap malzemelerde bile renk farkları görülebilmektedir. Öz odun rengine göre ağaç türleri Tablo 1.2’de gösterilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Tablo 1.2. Öz odun rengine göre sınıflandırılmış ağaç türleri (Bozkurt ve Erdin, 2000)

Renk	Ağaç Türü
Beyaza yakın	Akçaağaç, kavak, köknar,
Sarı	Şimşir,
Sarımsı Kahverengi	Meşe, kestane
Kırmızı	Maun
Kırmızımsı kahverengi	Çam,
Morumsu kahverengi	Karaceviz
Kahverengi	Ceviz,
Yeşil	Akasya
Siyah	Abanoz

1.1.2. Ahşap Malzemenin Fiziksel Kimyasal ve Mekanik Özellikleri

Ahşap malzemenin kimyasal özelliklerini kimyasal bileşenleri belirler. Hücre çeperini primer ve sekonder maddeler oluşturur. Primer maddeler selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Sekonder maddeler ise, reçine gibi maddeleri içeren organik maddelerdir. Primer maddeler, ağaç yapısında önemli bir role sahipken sekonder maddeler ise yapısal değildir. Bu maddeler malzemenin rengini, kokusunu, dayanımını, çekme gücünü ve yanma özelliğini etkilemekle birlikte biyolojik etkilere karşı direnç gösterir (Şener, 2006).

Ahşap malzemenin kullanılacağı yerin belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak bir diğer husus ahşabın fiziksel özelliğidir. Ahşap malzemenin birim hacimdeki ağırlığı, su ahşap döngüsü ve boyutsal özellikleri ahşap malzemenin fiziksel özelliklerindendir. Özgül ağırlık ahşap cinsine göre farklılık gösterebilir. Ağaç malzemesinin bir diğer önemli özelliği olan özgül ağırlık, mekanik ve fiziksel özelliklerini direkt etkileyebilir. Özgül ağırlığı belirleyen etmen ise ahşap içindeki su miktarıdır. Bundan dolayı özgül ağırlık herhangi bir rutubetteki özgül ağırlık, hava kurusu özgül ağırlığı ve tam kuru özgül ağırlık olmak üzere üç başlıkta irdelenir (Tablo 1.3) (Kurtoglu, 1984).

Tablo 1.3. Bazı ahşap malzemelerin tam kuru, hava kurusu ve taze özgül ağırlıkları (Kurtoglu, 1984)

Ahşap Adı	Tam Kuru Özgül Ağırlık (kg/m ³)	Hava Kurusu Özgül Ağırlık (kg/m ³)	Taze Özgül Ağırlık (kg/m ³)
Çam	490	510	980
Ladin	430	460	960
Kökner	520	540	980
Kayın	670	710	1060
Melez	550	580	-
Dişbudak	650	680	860
Akasya	720	760	-
Kavak	410	440	-
Kızılcam	490	-	930
Akçaağaç	590	-	970
Kestane	486	-	1060
Karaağaç	640	-	1120

Ahşabın mekanik özelliklerini özgül ağırlığı, ağacın türü, fiziksel ve kimyasal özellikleri etkilemektedir (Tablo 1.4) (TS 825, 2013). Bu özellikler çevre koşullarına karşı çekme, makaslama, eğilme, basınç, burulma ve yarıma direnci göstermektedir (Kır, 2015).

Tablo 1.4 Ahşap malzeme bileşenlerinin birim hacim kütlesi, (λh) ve (μ) (Kır, 2015)

Ahşap Malzeme	Birim hacim kütlesi kg/m ³	Isıl iletkenlik λh W/mK	Difüzyon direnç faktörü μ
İğne yapraklı ağaçlar	600	0,13	40
Kayın, meşe,	800	0,20	40
Kontrplak,	800	0,13	50-400
Yatay yonga levhalar	700	0,13	50/100
Dikey yonga levhalar	700	0,17	20
Sert-orta sertlik	600-1000	0,13-0,17	70

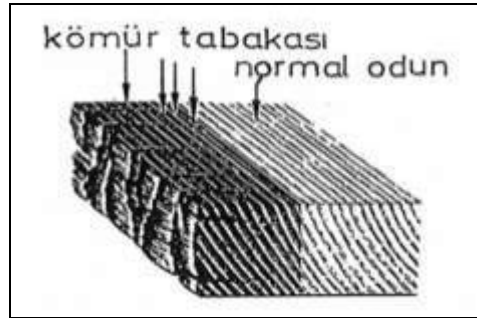
1.1.3. Ağaç Malzemenin Yanma Özelliği ve Ahşap Su İlişkisi

Ahşap, delikli yapısından dolayı kurumaya bırakıldığında ilk su çıkışı görülür. Suyun buharlaşmasıyla ahşabın rutubeti, lif doygunluk noktasına (LDN) ulaşmış anlamı taşır. LDN ağaç türlerine göre %25-35 arasında farklılık gösterir. Ahşabın rutubeti %0-28 değerleri arasında değişirken, hücre çeperine bağlı su oranının azalmasıyla selüloz zincirleri iç içe geçer ve bu durum malzemede daralmaya sebep olur (Kurtoğlu, 1984).

Yanma, yanabilen maddenin yakabilen bir maddeyle birleşip çeşitli kimyasal reaksiyonlarla ısı açığa çıkarması sonucu oluşur. Yanıcı madde oksijen içeren herhangi bir madde olabilir ve bu maddenin yanabilmesi adına havadaki oksijen miktarı ortalama %14-18 olmalıdır (Lee, 2008).

Ahşap yandığında 170°C'de kuruma, 270°C'de CO₂, su buharı ve CO çıkışı, 250-300°C'de ise tutuşma görülür. Isı etkisiyle yüzeyde oluşan kömür tabakası, (Şekil 1.2) bariyer görevi görmesiyle ısı girdabının ahşabın iç kısımlarına girmesini engeller. Bu durum ahşap malzemenin kendi mukavemetini koruyabilmesini sağlamaktadır (Akıncıtürk ve Perker, 2003). Kereste türü ve kesiti kömürleşme oranını etkileyen en

önemli faktörlerdendir. Kömürleşme oranını etkileyen ikinci önemli faktörse yangının süresi ve sıcaklığıdır (Altın, 2015).



Şekil 1.2. Kömürleşme görünümü (Akıncıtürk ve Perker, 2003)

CO, formaldehit, metan, asetik asit, formik asit, ve metanol tutuşabilen gazlar arasındadır. Karbonizasyon tamamlandıktan sonra bu gazlar uçar ve geriye kömür görünüm kalır (Yang ve arkadaşları, 2006).

Yakıcı ve yanıcı maddelerin dengesindeki değişiklikler yanmanın şiddetini belirlemektedir. Ağaç malzemedeki sıcaklık farkı sonucu oluşan boyutsal değişimler metallere göre daha azdır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

1.2. Yanmayı Önleyici Kimyasal Maddeler

Ahşap malzemeyi yangına dirençli hale getirebilmek, malzemenin çeşitli yönlerden etkilenmesine neden olabilir. Asitli yangın geciktiriciler yüksek sıcaklıkta ahşabın asit hidrolizi miktarını arttırmaktadır. Bu durum malzeme direncinin azalmasına neden olmaktadır (Taghiyari ve ark. 2013).

Ahşabın yanmasını engellemek için kullanılan alev geciktirici maddeler, yanma sürecini yavaşlatmalı veya tamamen engel olmalıdır. Katı, sıvı veya gaz halinde üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar alev geciktiriciler halojenli, fosforlu ve inorganik alev geciktiricilerdir (İstek ve ark., 2013).

Halojenlenli alev geciktiriciler üçe ayrılmaktadır. Bunlar aromatik, alifatik ve sikloalifatik alev geciktiricilerdir. Halojen içeren alev geciktiricilerin tesiri $F < Cl < Br < I$ sırasına göre artmaktadır. Brom ve klor bileşenleri içeren alev geciktirici kimyasallar

tek halojen bileşiklerdir. Pahalı olmaları ve C-F bağının çok güçlü olmasından dolayı etkisiz olan flor bileşikleri, yanma işlemine etki etmediklerinden tercih edilmemektedir. Bromlu ve klorlu alev geciktiricilerinin karşılaştırıldığında, bromlu alev geciktiriciler klorlu olanlara göre daha etkilidir bunun nedeni HCl kimyasalını daha yüksek sıcaklıkta açığa çıkarabilmesidir (Pedieu ve ark., 2012).

Fosforlu alev geciktiriciler, malzemenin yüzeyinde yanmayan bir katman oluşturarak etki gösterir. Oluşan bu katman, oksijen akışını engeller ve yanmanın durmasını sağlar. Düşük gaz emisyonu vermeleri de fosfor esaslı alev geciktiricilerin iyi bir özelliğidir (İstek ve ark., 2016).

İnorganik alev geciktiricilerin yapılarında su bulunur ve 150-400°C sıcaklıkta etki gösterirler. Kolay işlenebilirler, az zehirlidirler ve düşük maliyetle üretilirler. Isıya maruz kaldığında bu bileşiklerden ayrılan su molekülleri, soğutma etkisi yaparak yanmayı durdurur. Yanma esnasında oluşan dumanın miktarını azaltan bu gruptaki bileşiklerin en çok tercih edilenleri alüminyum hidroksit ve magnezyum hidroksittir (İstek ve ark., 2013).

1.2.1. Yangın Geciktiricilerin Fiziksel, Kimyasal, Mekanik Özellikleri ve Performans Değerlendirmeleri Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar

Yanmayı önleyici maddeler, yangın esnasında sıcaklık artışını ve ortamdaki oksijen miktarını azaltmalı ve yanmayı geciktirmelidir. Ahşabın yanıcılığını azaltmak için borik asit, azot ve fosfat gibi yangın önleyicilerin kullanıldığı deneylerde ham haldeki ahşaplara göre ısı ve alev yayılım hızını yavaşlatmaktadır (Son, 2012).

Bor bileşeninin ahşap yüzeylere uygulandığında yanmayı geciktirdiği ve yanma özellikleri üzerine olumlu sonuçlar verdiği bilinmektedir (Baysal, 2002, Altın 2015). Yüzeyleri, çinko borat katkılı kalsit, boraks ve borik asit ile boyanmış MDF ahşap kompozit malzemesinin, yanma özelliklerini iyileştirdiği ve en iyi dayanımı sırasıyla borik asit, boraks ve çinko boratın gösterdiği bilinmektedir (İstek ve ark., 2012).

Borlu yangın geciktiriciler arasında en düşük sıcaklık değeri borik asidin uygulanmasıyla görülmüş ve bor maddesinin sıcaklığı azaltma özelliğinin olduğu tespit

edilmiştir. Verilere göre borik asidin, boraks ve çinko borata göre sıcaklığı daha çok azalttığı gözlemlenmiştir. Bu durumun bor maddesinin odunun piroliz sıcaklığını düşürüp, kömürleşme miktarını arttırmasından kaynaklanmaktadır. (FR) bileşeni ilaveli levhalarda fransiyum miktarının arttırılmasıyla kütle kayıplarının daha az olduğu, yüzeyde biriken FR bileşeninin koruyucu bir tabaka meydana getirdiği, levhaların yanma hızını azalttığı ve yanmaya karşı dayanım süresini arttırdığı görülmüştür (İstek ve ark., 2013).

Borik asit (BA), boraks (BX) bileşiklerinin ahşap kompozitler üzerinde şişme ve su alma miktarları kıyaslanmıştır. BA bileşeninde daha düşük, BX bileşeninde ise daha fazla su alma ve şişme meydana geldiği görülmüştür. Elastikiyet modülü direncinde (MOE) %4-7 azalma olduğunu belirlenmiştir (İstek ve ark., 2017).

Yapılan bir çalışmada çeşitli miktarlarda BA ve BX ile muamele edilmiş liflerle üretilen MDF kompozitlerde bu duruma bağlı olarak iç direncin azaldığı, ayrıca artan BA ve BX kullanım oranı ile bu azalmanın artış gösterdiği belirtilmiştir. Bu sonuçların tersine yapılan çalışmada, BA kullanımı iç yapışmayı arttırmış böylelikle daha az tutkal kullanılarak maliyetten tasarruf edilebileceği düşünülmüştür (Ayrılmış, 2007).

1.2.2. Ahşap Kompozit Malzemeler

Kompozit, birden fazla maddenin birleşmesiyle oluşan maddelerdir. Kompoziti oluşturan maddeler genellikle yapısal özelliklerini korumaya devam eder. Ahşap kompozit malzemeler ise ahşapla başka bir malzemenin birleşmesiyle oluşur. Ahşap kompozit malzemeler doğal kaynaklı ve istenilen özelliklerin kazandırıldığı malzemelerdir (Kaya, 2018).

Ahşap kompozitler ağaçların azalmasıyla ahşap malzemeye alternatif olarak, daha küçük ebatlardaki ahşapların işlenmesi sırasında oluşan artıklardan elde edilir (Rowell, 2005). Ahşap kompozit malzemeler tanecik yapıları ve üretim şekillerine göre sınıflandırılması Tablo 1.5 gösterilmektedir.

Tablo 1.5. Ahşap Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması (Rowell, 2005)

Prese Kaplama Kompozit	Parçacık ve Lif Kompozit
Kaplama Levhalar	Yonga Levha
Kontrplak-Kontrtable	Lif Levha
Lamine-Parallam	Talaş Levha

Ahşap esaslı kompozitler reçineler gibi yapıştırıcıların birleştirilmesiyle de elde edilebilirler. Hammadde ve yapıştırıcıların kalitesi ürünlerin mekanik, suya dayanıklılık, boyutsal stabilite, yüzey kalitesi gibi özelliklerini etkileyebilmektedir. Ahşap kompozit malzemelerin özellikleri genel olarak doğal ahşap malzemelerin özelliklerine benzemekle beraber, kompozit malzemelerin üretiminde küçük boyutlu ağaçlarında kullanılabilir olması, daha düzgün yüzeyli ürünlerin elde edilebilmesi ve daha rijit malzemelerin üretilmesi, ahşap ve ahşap kompozitler arasındaki farklardandır (Bucur ve ark., 2011).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Akıncıtürk ve Perker (2003) bu çalışmada, ahşabın dayanıklılığının artırılması ve yanmaya karşı direncinin belirlenmesiyle ülke ekonomisine önemli katkılar sağlanacağı vurgulanmaktadır.

Altın ve arkadaşları, (2007) bu çalışmada geçmişte ve günümüzde yaygın olarak kullanılan ahşap malzemelerin basınca karşı dayanıklılığı ve yangına karşı kullanılan yangın geciktirici malzemelerin herhangi bir etkisinin olup olmadığı ile ilgili bir deney yapılmıştır.

Altın, (2015) bu yayın, kömürleşme oranını belirlemek için farklı ahşap malzemelerin yangın performansına odaklanmıştır.

Altın, Taşpınar ve Köklü, (2021) bu çalışmada, alevlerin kısa sürede söndürülmesi amacıyla ses dalgalı alev söndürme sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler geliştirilen sistem ile yapılan deneyler sonucunda elde edilmiştir.

Altın, Taşpınar ve Köklü, (2021) bu çalışmada üç aşamalı bir yangın çerçevesi oluşturulmuştur. İlk aşamada temel görüntü işleme algoritmaları ile yangın bölgesini içeren görüntülerden alev bölgesi çıkartılmıştır.

Altın, Taşpınar ve Köklü, (2022) bu çalışmada. 5 farklı alev boyutunda, 54 farklı frekansta ve 10 cm ila 190 cm mesafe aralığında 17.442 söndürme deneyi yapılmış, elde edilen veriler ile polinom regresyon yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Altın ve Kılıçarslan, (2023) bu çalışmada yangının gerçekliğini ortaya koymak amacıyla 1/1 ölçekli gerçek bir yangın deneyi için üç odalı yangın deney laboratuvarı inşa edilmiş, yangın yükleri hesaplanarak yangın testleri gerçekleştirilmiştir.

Altuntaş (2008) çalışmada borik asit kullanılarak, borlu fenol formaldehit polimerleri sentezlenmiştir. Elde edilen polimerler, odun talaşları ve yerfıstığı kabuğu talaşlarıyla birlikte karıştırılarak yeni kompozitler elde edilmiştir.

Arne ve arkadaşları (2015) bu çalışmanın amacı, yangın geciktirici emprenye maddelerinin ısı iletkenliğine karşı etkilerini araştırmaktır.

Ayrılmış ve arkadaşları (2007) bu çalışmada, yönlendirilmiş OSB panellerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile yangın, çürüme ve termit direnci üzerine bir takım kimyasalların etkileri değerlendirilmiştir.

Ayrılmış, (2007) bu çalışmada yangın geciktirici işlem görmüş kaplamalarla kaplı yönlendirilmiş levhaların fiziksel, mekanik ve yangın özellikleri değerlendirilmiştir.

Batı karadeniz kalkınma ajansı, (2022) Bu ön fizibilite raporu, odun yan ürünlerinin imalatı amacıyla Bartın ilinde odun yan ürünlerinin üretim tesisinin kurulmasının uygunluğunu tespit etmek, yatırımcılarda yatırım fikri oluşturmak ve detaylı fizibilite çalışmalarına altlık oluşturmak üzere T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda faaliyet gösteren Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanmıştır.

Baysal ve arkadaşları (2006) bu araştırmada, borik asit çözeltisinin su bazlı verniğin yanma özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Bozkurt ve Erdin (2000) ağaç türlerinin direnç değerlerinin, yaklaşık olarak hesaplanmasında yardımcı olmak amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

Bozkurt ve Erdin (1997) odun hammaddesinin özelliğini, yetiştirme şartları hammadde özelliklerine etkisi, teknolojik özellikleri, kurutma ve korunmasını ilişkin ders notlarında verilmiştir.

Bucur ve arkadaşları (2011) bu çalışma, dalga tabanlı tekniğinin teorisine ve uygulamasına örnek vererek bu tekniğe benzer diğer tekniklerden bazılarının ahşaptaki kusurları bulmak ve karakterize etmek için uygulandığını sunmaktadır.

Çelik (2013) yapılan bu çalışmada, ahşap mobilyaların bozulma nedenleri, korunması ve onarımı konuları ele alınmıştır.

Güller (2001) bu makale ahşap kompozitlerin tanımı, sınıflandırılması, üretimi ve kullanım alanlarıyla ilgilidir.

İstek ve arkadaşları (2013) bu çalışmada, yangın geciktiricilerin orta yoğunluklu lif üzerindeki yanma performansları araştırılmıştır.

İstek ve arkadaşları (2017) bu çalışmada, yangın geciktirici etkiye sahip bor bileşiklerinden borik asit, boraks ve çinko borat kimyasalları yonga levhalara ilave edilerek bazı fiziksel ve mekanik özellikler üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Sonuç olarak, bor bileşiklerinin yangın geciktirici olarak kullanılmasının, yonga ahşap kompozitinin mekanik ve fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

İstek ve arkadaşları (2012) bu çalışmada, MDF panellerin kaplanmasında kullanılan geleneksel yüzey kaplama yöntemleri yerine pigment kaplama yönteminin uygunluğu ve yangın geciktiricilerin en uygun kaplama karışımı ile kaplanan MDF'nin yüzey özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

İstek ve ark. (2016) yonga levha üretiminde siriono ve borik asit kullanımının yanma performanslarına etkileri incelenmiştir.

Kartal (2004) bu çalışmada yüzeyleri lamine, PVC ve lake boya ile kaplanmış MDF levhalarının yüzey özellikleri belirlenerek karşılaştırılmıştır.

Kaya (2018) ahşap kompozit malzemelerin fiziksel ve kimyasal yapılarında değişiklikler yaparak, kullanım alanlarını artırma konusunda bilgileri içermektedir.

Kır (2015) çalışmada ahşap malzemenin kullanım alanlarını etkileyen faktörler araştırılmıştır.

Lee (2008) bu çalışmada, Döşeme malzemelerinin yanma davranışları, koni kalorimetrisi kullanılarak araştırılmıştır.

Orman ajansı, (2013) Ormancılık faaliyetleri ile ilgili bilgileri içeren Orman Atlası isimli bu kaynak, Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri kullanılarak Orman Genel Müdürlüğü personeli tarafından hazırlanmıştır.

Özgündüz (2019) bu çalışmada tutkal çeşidi, katkı malzemesi çeşidi ve katkı malzemesi oranının, yonga levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ne gibi etkilerinin olacağı araştırılmıştır.

Pedieu ve arkadaşları (2012) bu çalışmada borik asidin üç yüzdesi (% 8-12-16) ile muamele edilen ahşap yonga levhaların yangın geciktirici performansı belirlenmiştir.

Rowell (2005) ahşap kimyası ve ahşap kompozitleri isimli bu çalışma, ahşap kimyası ve kompozitlerdeki son kavram teknolojilerini sunmaktadır.

Son (2012) bu çalışmada sodyum silikat, borik asit, amonyum fosfat ve amonyum borat gibi inorganik kimyasallarla kimyasalların farklı kombinasyonları ve konsantrasyonları, basınç arıtma yöntemleri ile çam ağacı yapı malzemesine emprenye edilmiş elektron ışını işleminin performansı araştırılmıştır.

Şener (2006) çalışmada ahşap ve ahşap kompozit malzemelerden, bunların tarihi geçmişlerinden, günümüzdeki kullanımlarından ayrıca bu malzemelerin koruma yöntemleri ve mobilizasyonlarından bahsedilmiştir.

Kurtoğlu (1984) bu çalışma herhangi bir maddenin birim hacmindeki kütlesi olan özgül ağırlığı, ısı değeri, sertliği, aşınması, direnç ve işlenme kabiliyeti gibi özellikleri hakkında bilgilendirmektedir.

Taghiyari ve ark. (2013) bu çalışmada, wollastonit nanoliflerin orta yoğunluklu suntalar üzerindeki yangın geciktirici özellikleri incelenmiştir.

Yang ve arkadaşları (2006) bu çalışmada ahşap malzemelerin biokütle pirolizi incelenmiştir.

Yıldız ve arkadaşları (2009) bu çalışmada farklı çevre koşullarına maruz kalan bazı ahşap kompozitlerin özellikleri incelenmiştir.

Watson ve arkadaşları (2007) bu çalışmada, ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin yangından korunması için standart hesaplama yöntemlerinin yanı sıra betonarme yapı elemanları ve yapısal çelik konstrüksiyonların yangına dayanıklılığını belirlemek için standartların neler olduğu incelenmiştir.

Winandy (1998) bu çalışmada ahşap, kompozit ve fiber ürünlerin özellikleri kullanım alanları ve yangına karşı dayanım özellikleri incelenmiştir.



3. MATERYAL ve METOT

Yangınla mücadelede yangın söndürücü tüp ve çeşitli gazlara alternatif olarak yapı malzemelerinin ve özellikle tarihi ahşap yapıların boyanmasıyla yangına karşı dayanıklı hale getirmeyi amaçlayan bu çalışmada, yangına dayanıklı çeşitli kimyasallar ile boyanmış ahşap ve ahşap kompozitlerin tek kaynaklı alev deneyinde fiziksel ve kimyasal özellikleri ile yangına dayanım performansları incelenmiştir.

Deneyde ahşap kompozit malzeme olarak MDF, OSB, sunta ahşap malzeme olarak kavak, köknar, kayın, çam, boya malzemesi olarak su bazlı yangına dayanıklı boya, solvent bazlı yangın boyası ve bor katkılı yangın boyası kullanılmıştır.

Deney çalışmasında, ahşap malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde herhangi bir değişimin meydana gelip gelmediği, deneylerde kullanılan kimyasal alev geciktiricilerin deney numunelerinde yanmaya karşı dayanım arttırmada etkili olup olmadığı, tutuşma ve alev alma süresi bakımından gecikme meydana getirip getirmediği, yanma yüzey alanında boyanmamış malzemelere göre azalma olup olmadığı tespit edilerek yorumlanmıştır. Sonuç olarak, deneylerde kullanılan kimyasallar arasında yangın direncine karşı en etkili olan malzeme belirlenmiştir.

İnsan hayatını tehdit eden en ciddi felaketlerden biri olan yangın canlıları, binaları ve makineleri dakikalar içinde yok edebilen kimyasal bir olaydır. Bu nedenle yangını söndürmek için çok sayıda yöntem geliştirilmiştir (Altın, Taşpınar ve Köklü, 2021).

Yapılarda ve özellikle tarihi yapılarda afet, kaza veya herhangi bir sebeple yapının alacağı yangından kaynaklı hasarı en aza indirmek veya yangından kaynaklı hasarı önlemek için tek kaynaklı yangın deneyi gerçekleştirilmiştir. Tek kaynaklı yangın deneyinin standartlarından olan malzeme ebatları, alevin malzemeye geliş açısı, alev malzeme mesafesi, ahşap ve yangın sınıfları gibi özellikleri TS EN 11925-2 standartlarına bağlı kalmıştır. Deney TS EN 11925-2 standartlarındaki gibi kapalı bir hazne içerisinde yapılmamıştır. Deneysel çalışmalar Konya Teknik Üniversitesi Teknik

Bilimler Meslek Yüksekokulu İklimlendirme ve Soğutma programı laboratuvarında alev kaynağı işkence ile sabitlenerek gerçekleştirilmiştir.

3.1. Tek Kaynaklı Yangın Deneyi ve Deneyde Kullanılan Malzemeler

Ahşap sağlamlığı ve çok fonksiyonlu olması nedeniyle geçmişten günümüze uzun yıllardır yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ahşabın hafifliği, çevre dostu olması, toprak geçirmezliği, çelik, beton, kerpiç gibi malzemelerle uyumluluğu, estetik ve akustik özellikleri tercih edilmesinde etkili olmuştur. Ahşabın uygulandığı birçok alanın en kıymetli örneklerinden biri olan tarihi yapılara hem ülkemizde hem de dünyanın birçok ülkesinde rastlamak mümkündür. Yangına karşı gerekli tedbirlerin alınmaması nedeniyle ahşap malzemenin kullanıldığı birçok bina tamamen yanmış veya büyük hasar görmüştür (Altın ve arkadaşları, 2007). Bu çerçevede, MDF'nin (Şekil 3.1) yüzey yapısının pürüzsüzlüğü, optimum yoğunluğa sahip olması, dengeli lif dağılımı, işlenebilir olması ve yaygın kullanılması sebebiyle çalışmada kullanılacak ahşap kompozit malzemelerden biri olarak tercih edilmiştir.



Şekil:3.1. MDF (Güller, 2001)

Kullanılan bir diğer ahşap kompozit malzeme ise sunta (Şekil 3.2). Sunta, üretildiği ahşap malzemesinin fiziksel yapısı ve kalitesine dair ipuçları verebilmektedir. Katmanları ve yüzeyi pürüzsüz olmalıdır. Sunta yapımı için kullanılan ahşabın nem oranı %10 olmalıdır. %10'dan fazla olması durumunda malzemenin kalitesini etkilemektedir. Tüm bu etkenler ve malzeme erişilebilirliği göz önünde bulundurulduğunda yapılan çalışmada sunta ahşap kompozit malzemesi tercih edilmiştir.



Şekil: 3.2. Sunta (Altuntaş, 2008)

Yoğunluğu düşük değerdeki ağaç türlerinden olan kavak ve çam ağaçları gibi ağaçların çapının, en az 5 cm olanlarından üretilen OSB, yapılan çalışmada kullanılan bir diğer ahşap kompozit malzemedir (Şekil 3.3).

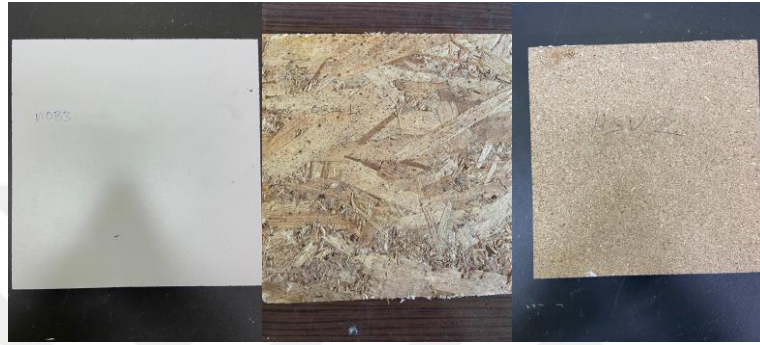


Şekil 3.3. OSB levha (Güller, 2001)

Yapılan çalışmada kullanılan kozalaklı ağaçlar, iletken dokusu bulunmayan ağaçlardır (Watson, ve ark., 2007). Deneyde iğne yapraklı ağaç olarak çam ve köknar, geniş yapraklı ağaç olarak ise kavak, kayın tercih edilmiştir. Bu ağaçları istenilen boyutlarda bulmak zordur. İstenilen boyutlar için boy malzemenin (genelde 3m olur) elektrikli marangoz testeresiyle kesilmesi gerekmektedir. Tüm ahşap (Şekil 3.4) ve ahşap kompozit (Şekil 3.5) malzemeler Ankara Siteler Sanayi Sitesinde bulunan Yıldız Orman Ürünleri firmasından temin edilmiştir. Ahşap ve ahşap kompozit malzemeler TS 345, TS 4176 standartlarına ve A1 sınıfına uygundur. Yıllık halkalara teğet yönde kesilen ahşap malzeme ebatları 250 mm 90 mm 60 mm ve ahşap kompozit ebatları ise 200 mm 200 mm 18 mm şeklinde hazırlanmıştır (kesimden kaynaklı mm değişiklikler görülebilir).



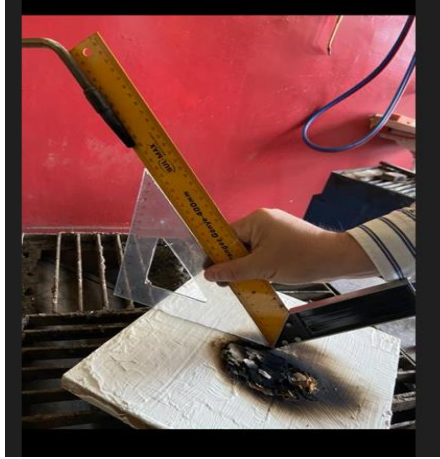
Şekil 3.4: Deneyde kullanılan ahşap malzeme örnekleri



Şekil 3.5: Deneyde kullanılan ahşap Kompozit örnekleri

Genellikle doğrama olarak veya iskele dikmeleri olarak kullanılırlar. İğne yapraklı ağaçlar 40 metreye kadar uzayabilir. Gövdelerinin kabuğu, iğne yaprakları ve hatta kokuları diğer türlerden kolayca ayırt edilmelerini sağlar. Genellikle sık dokulu liflere sahip olan geniş yapraklı ağaçlar ise, kereste olarak kullanımlarındansa mobilya sektöründe daha yaygın olarak kullanılır (Winandy, 1998).

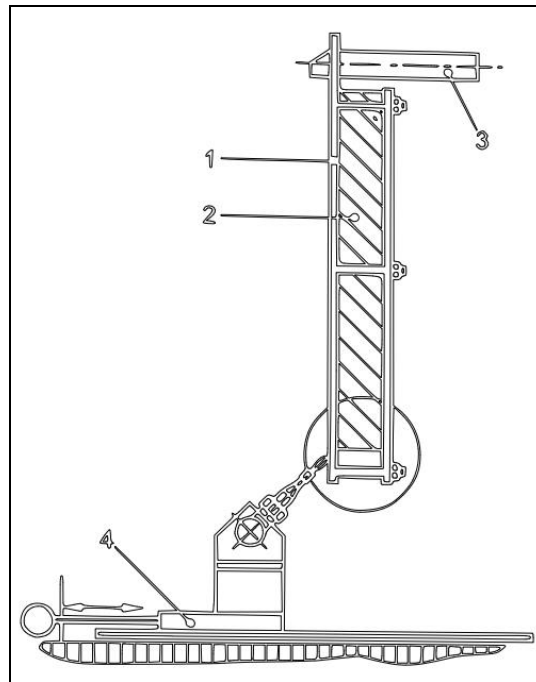
Gerçekleştirilen tek kaynaklı yangın deney düzeneğinde alev kaynağına 45° lik bir açıda ve 300 mm lik bir mesafede Şekil 3.6'da görülen düzenek oluşturulmuş ve deneysel çalışmalar bu düzenekte gerçekleştirilmiştir. TS EN 11925-2 deney düzeneği (TS 11925-2, 2003) görüntüsü ve autocad çizimi Şekil 3.7 ve 3.8 de verilmiştir.



Şekil 3.6. Deney düzeneğinin 45°'lik açısı ve deney malzemelerine olan 300 mm mesafesi



Şekil 3.7. Kapalı Deney düzeneği (TS11925-2, 2003)



Şekil 3.8: Deney düzeneği

Deney malzemelerinin yanması için kullanılan asetilen miktarı net olarak hesaplanamamıştır. Tahmini olarak 4 kg asetilen kullanıldığı varsayılmaktadır.

Gerçekleştirilen deneyde alev yüksekliği (ısı kaynağı-malzeme mesafesi) 30 cm dir. Deney süresince ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin tutuşma, alev alma süreleri, fiziksel ve kimyasal değişimleri not alınmıştır.

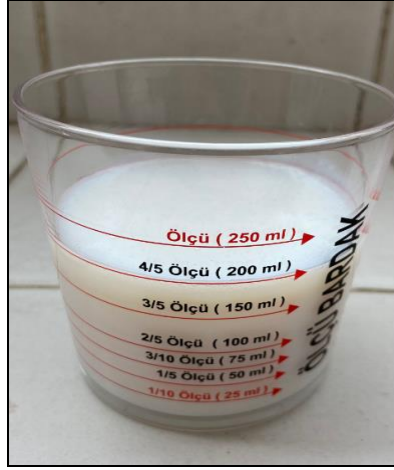
Deneyler için, 4 farklı ahşap cinsi seçilmiş ve her ahşap malzemeden 3'er adet olmak üzere bor katkılı yangına dayanıklı boya, su bazlı yangına dayanıklı boya ve solvent bazlı yangına dayanıklı boyalar ile boyanarak ham halleriyle birlikte toplam 48 adet ahşap deney numunesi hazırlanmıştır. Aynı şekilde 3 farklı ahşap kompozit malzemeleri seçilmiş ve her kompozit malzemeden 3'er adet olmak üzere bor katkılı yangına dayanıklı boya, su bazlı yangına dayanıklı boya ve solvent bazlı yangına dayanıklı boyalar ile boyanarak ham halleriyle birlikte toplam 36 adet kompozit deney numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan 84 adet ahşap ve ahşap kompozit malzemeleri için deneyler gerçekleştirilmiş alev alma, tutuşma süreleri ile ilgili analizler yapılmış, fiziksel kimyasal değişimleri yorumlanmıştır.

Tüm ahşap numuneler zımpara makinası ile zımparalanarak deney için hazır hale getirilmiştir. Şekil 3.9'da ahşap numune zımparalama işlemi görülmektedir.



Şekil 3.9. Deney malzemelerinin zımparalama işlemi

Çalışmada ahşap ve ahşap kompozit malzemelere uygulanan boya miktarı ölçülmüştür (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Kullanılan boya miktarı

Ahşap ve ahşap kompozit malzemelere, deney sonrasında yanmalarından kaynaklı hasar alacaklarından tanınmaları için kod verilmiş ve üzerlerine yazılmıştır. Ayrıca ahşap ve kompozit malzemelerin boyanmadan önceki ağırlıkları, ebatları, boyandıktan sonraki ağırlıkları, deney sonrası ağırlıkları hassas terazide tartılmış, ebatları kumpasla ölçülmüştür (Şekil 3.11 ve 3.12).



Şekil 3.11. Deney öncesi ve sonrası malzeme ağırlığının ölçülmesi



Şekil 3.12. Deney öncesi ve sonrası malzeme ebatlarının ölçülmesi

3.1.2. Yangın Önleyici Boya Malzemelerinin Teknik Özellikleri

Tek kaynaklı yangın deneyinde kullanılan tüm yangına dayanıklı boyaların uygulama teknikleri ve malzeme teknik özelliklerini içeren bilgiler, malzemelerinin temin edildiği Teknobond Yapı Kimyasalları ve Borpoint firmalarından temin edilmiştir.

Tek bileşenli reçine esaslı, solvent bazlı yangına dayanıklı boya şeklinde tanımlanan Teknobond 955 (Şekil 3.13), Teknobond Kimyasalları firmasından temin edilmiştir. Deneyde kullanılan ve aynı firmadan temin edilen her iki ürünüde (Teknobond 955 ve 956) uygulama miktarı her kat boyama işleminde 200 ml olacak şekilde hazırlanan numunelere uygulanmıştır.

Çelik yüzeylerde, yollarda, tüm betonarme yapılar ve mobilya yüzeyinde kullanılabileceği belirtilen ürünün yangın dayanımı 350°C-700°C aralığında olmakla birlikte tek bileşenli bir malzemedir. Ayrıca hızlı kür alması, aşınma mukavemetinin yüksek olması ve yüksek UV direnci gibi özellikleri avantajları arasındadır.



Şekil 3.13. Teknobond 955

Uygulama yapılacağı yüzey temiz olmalıdır. Yüzey pürüzlüğünü bozan çıkıntı vb. istenmeyen durumlar aynı seviyeye getirilmelidir. Solvent bazlı yangına dayanıklı boya (Teknobond 955) teknik özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Solvent bazlı yangına dayanıklı boya (Teknobond 955) Teknik Özellikleri

Kimyasal Yapısı	Modifiyeli Akrilik
Renk	Beyaz
Ambalaj	25 kg
Raf Ömrü	12 Ay
Yoğunluk	1,60 g/ml
Uygulama Bilgileri	
Sarfiyat	150 gr/m ²
Dokunma Kuruması	30 dk
Toz Tutmama	50 dk
Tam Kuruma	24 saat
Uygulama Sıcaklığı	5– 35°C

Tek bileşenli, su bazlı yangına dayanıklı (Teknobond 956) isimli boya (Şekil 3.14) her türlü betonarme ve ahşap yüzeylerde kullanılabilir. Tek bileşenlidir, uygulaması kolaydır, yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır. Ayrıca hızlı kür alması, aşınma mukavemetinin yüksek olması ve yüksek UV direnci gibi özellikleri avantajları arasındadır.

**Şekil 3.14.** Su bazlı yangına dayanıklı boya (Teknobond 956)

Uygulama yapılacağı zaman yüzey temiz olmalıdır. Yüzey tesviyesini bozan çıkıntı vb. istenmeyen durumlar aynı seviyeye getirilmelidir.

Solvent bazlı yangına dayanıklı boya (Teknobond 955) ve Su bazlı yangına dayanıklı boya (Teknobond 956) kullanımlarından önce iyice karıştırılmalıdır. Her iki ürün içinde uygulama tek kat şeklinde yapılmalıdır. İkinci kat uygulanacağı takdirde minimum 4 saat beklenmesi uygundur.

Yangına dayanıklı solvent bazlı boya poliüretan içeriklidir. Yangına dayanıklı su bazlı boya ise hidroksit bağlayıcılar OH bileşeni içermektedir ayrıca fonksiyonel grup olarak OH kimyasal bağ grubu içerisinde yer almaktadır.

Teknobond 955 ve 956 ya ait teknik özellikler, 20°C hava sıcaklığı ve %50 rölatif hava nemi oranına göre 28 gün sonraki performansı için laboratuvar ortamında elde edilen ortalama verilerdir. Su bazlı yangına dayanıklı boyanın (Teknobond 956) teknik özellikleri Tablo 3.2’de belirtilmiştir. Teknobond 955 ve 956 hava ile kür aldığından, ilave bir işleme ihtiyaç duyulmaz. Unutulmaması gereken özellikler Teknobond 955 ve 956 için aynıdır. Bu özellikler aşağıda belirtilmektedir;

- Boya su kanallarına boşaltılmamalıdır.
- Kullanımdan sonra ambalaj ağzı iyice kapatılmalıdır.
- Ürün su ile inceltilmemelidir.
- Fırça veya çizgi makineleri ile uygulanır.
- Tutuşturucu kaynaklardan uzak tutulmalıdır.
- Uygulamadan sonra temizlik, teknotiner ile gerçekleştirilir.

Tablo 3.2. Su bazlı yangına dayanıklı boya (Teknobond 956) Teknik Özellikleri

Kimyasal Yapısı	Su Bazlı Polimer
Renk	Beyaz
Ambalaj	20 kg Plastik Kova
Raf Ömrü	12 Ay
Yoğunluk	1,60 g/ml ($\pm 0,07$)
Uygulama Bilgileri	
Sarfiyat	0,3-0,5 gr/m ²
Dokunma Kuruması	40 - 50 dakika
Toz Tutmama	60 dakika
Tam Kuruma	5-6h
Uygulama Sıcaklığı	5– 35°C

Bor katkılı yangına dayanıklı boya Borpoint isimli firmadan temin edilmiştir Şekil 3.15’de deneylerde kullanılan bor içerikli yangına dayanıklı boya görülmektedir.



Şekil 3.15. Bor İçerikli yangına dayanıklı boya

Bor katkılı yangına dayanıklı boyanın (Borfireproof) içeriği 5-kloro-2-metil-2H-izothiazol-3 ve 2-metil-2H-izotiazol-3'den oluşmaktadır.

İç ve dış yüzeyler için formüle edilmiş tamamı yerli üretilen bor katkılı yangına dayanıklı boya, buhar ve hava geçirgenliği özelliğine sahip, iç ve dış cephede ısı, ses, yangın ve su yalıtımı sağlamaktadır. Borpainti oluşturan formül duvar yüzeyi ile çevresindeki hava arasındaki sıcaklık farkını ortadan kaldırarak yoğuşmayı ve küf oluşumunu önler.

Yalıtım derecesi, uygulanan kalınlığa göre değişiklik göstermekle beraber içeriğindeki bor bileşenleri ile yangına karşı koruma sağlamaktadır. İç yüzey, duvar ve tavanlarda uygulandığında içerdeki ısıyı hapseder. Dış cephede kullanıldığında ise ısı'nın iç mekâna nüfuz etmesini önler.

Boya uygulaması sırasında yüzey temiz olmalıdır. Borpaint kullanmadan önce mekanik karıştırıcı veya beden gücüyle 3-5 dakika iyice karıştırılmalıdır. Ürün inceltirmeden fırça ile 2 kat uygulanmalıdır. Uygulanan her kat için kuruma süresi minimum 4 saat'dir.

Borfire proof boyası, yangına dayanıklı su bazlı bor mineralli bir boyadır. Geçirgenliği sayesinde yüzeyin nefes almasını sağlar. Olası yangın durumlarında alev alma süresini geciktirmesi kaçış zamanı sağladığı gibi alev ve karbonmonoksit yayılımını önemli oranda engeller.

Yapıların taşıyıcı kısımlarında, tünellerde, her türlü boyalı boyasız, sıvalı sıvasız yüzeylerde, beton, ahşap, çelik ve endüstriyel yapılarda, patlama riski olan yerlerde, duman ve ısıнын yayılmaması için hava kanallarında ve tesisat borularında uygulama yapılabilir. Borfireproof doğayı korur zamanla bozulmaz, çürümez ayrıca korozyon, paslanma ve küf oluşumunu engeller.

Uygulamaya başlanmadan önce yüzey temiz ve kuru olmalıdır. Uygulama fırça veya uygun bir püskürtücü ile yapılabilir. Borfireproof kullanılmadan önce iyice karıştırılmalıdır. Su, tiner vb. incelticilerle inceltilmemelidir.

3.1.3 Tek Kaynaklı Yanma Deneyinde Materyal Hazırlama

Yangın sadece kimyasal olarak karmaşık değil, aynı zamanda fiziksel olarak da çok karmaşıktır. Alevin şekli ve rengi, yangındaki yakıtın cinsine göre değişmektedir (Altın, Köklü ve Taşpınar, 2021).

Farklı ahşap türleri ve farklı kimyasallar ile yapılan çeşitli yanma deneyleri değişiklik gösterebilir. Yanma deneylerinde temel esas deney örneklerinin bir standart çerçevesinde işlem görmesidir.

Çalışmada ahşap ve ahşap kompozit malzemeler fırça yöntemiyle boyanmıştır. Bu işlem uygulanırken kıl boya fırçası tercih edilmiş ve örnek olarak (Şekil 3.16) gösterilmiştir.

Her bir boya malzemesi için farklı fırça kullanılması boyaların özelliklerini koruyabilmeleri ve ahşap malzemeye daha iyi nüfuz edebilmeleri açısından önemlidir. Ahşap ve ahşap kompozitler için boyama süreleri tek kat için 13-15 dakika sürmüştür.



Şekil 3.16: Deney malzemelerin boyama işlemi

Tek kaynaklı yanma deneyinde kullanılacak olan malzemelerin yüzeyindeki çıkıntılar zımparalanarak temizlendikten sonra hassas terazide ağırlıkları tespit edilmiştir. Ahşap ve kompozit malzemelerin boyama ve zımparalama işlemi sırasında koruyucu maske, gözlük ve eldiven kullanılması önerilmektedir. Tüm yangına dayanıklı boya çeşitleri beyaz renktedir. Ahşap ve ahşap kompozit malzemeler 4 saat kuruma süreleri göz önünde bulundurularak 2'şer kat şeklinde boyanmıştır.

3.2. Boya Sonrası İşlemler

2. kattan sonra 1 gün kendiliğinden kurumaya bırakılmış olan ahşap ve ahşap kompozitler hassas terazide tartılmış ve yanma deneyleri gerçekleştirilmiştir. 45° açıyla malzemelerin alt kısmından 300 mm yukarısına alevlerin denk geleceği şekilde düzeneğe yerleştirilmiştir.

Deney düzeneğini hazır hale getirdikten sonra deneye başlanmış ve her bir deney malzemesinin deney süresi ortalama 120 saniye sürmüştür. Ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin deney öncesi deney sonrası fotoğrafları ayrıca alev alma, tutuşma fotoğrafları ve termal kamera görüntüleri elde edilmiştir.

Ahşap ve kompozit malzemelerin deney öncesi ve sonrası ebatları, ağırlıkları, hacimleri belirlenmiş alev alma ve tutuşma süreleri kayıt altına alınmış, aynı tip 3 malzemenin tutuşma süresi, alev alma süresi, ağırlık ve yoğunluk kayıpları, deney süresi ve deney anındaki sıcaklık derecelerinin karşılaştırmaları grafik şeklinde

gösterilmiştir. Fiziksel, kimyasal değişimleri gözlemlenmiş, deney malzemelerinin davranışları yorumlanmıştır.

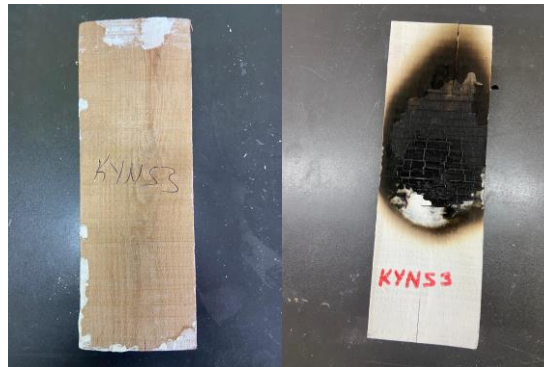


4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Tek Kaynaklı Yangın Deney Sonuçları

Deney sırasında, yangına dayanıklı bor katkılı boya, yangına dayanıklı, su ve solvent bazlı boyalar kavak, çam, kayın, köknar, OSB, MDF ve sunta ahşap ve ahşap kompozit malzemelerine uygulanmıştır.

Tek kaynaklı yangın deneyini sırasında alevin deney malzemelerine geliş açısı 45° ve deney malzemelerine uzaklığı 300 mm'dir. Isı kaynağı, deney malzemelerine ortalama 120 saniye boyunca etki ettirilerek performansları değerlendirilmiştir. Deney sırasında deney malzemelerinin termal kamera görüntüleri, deney malzemelerinin deney öncesi, deney sonrası görüntüleri, alev alma ve tutuşma anlarının görüntüleri elde edilmiştir. Deney malzemelerinin ilk ağırlıkları, boyama işleminden sonraki ağırlıkları, deney sonrası ağırlıkları, ilk hacimleri, son hacimleri, deney öncesi malzeme ebatları ve deney sonrası malzeme ebatları, ağırlık ve yoğunluk kayıpları not alınmıştır. Deney malzemeleri üzerine kodlama yapılarak kod isimleri yazılmış böylelikle birbirleriyle karışmamaları sağlanmıştır (Şekil 4.1). Elde edilen değerlerin ortalamaları hesaplanmış kıyaslama yapılırken ortalama sonuçlar dikkate alınmıştır. Veriler tablo şeklinde düzenlenip sıcaklık değerleri, alev alma anı, tutuşma anı ve deney sürelerinin kıyaslaması grafiklerle gösterilmiştir (Tablo 4.1-4.28 ve Şekil 4.2-4.57).



Şekil 4.1: Örnek kodlama

Kavak silindirik gövdeli, 20-30 m boylara kadar ulaşan, sık dallı, geniş konik tepeli bir ağaç olan kavağın kabukları düz, yeşilimsi veya zeytin-yeşili, parlak renkte olup uzun süre çatlamadan gövde üzerinde kalabilir. Sürgünler ve tomurcuklar kızıl-kestane kırmızımsı renkte, dolgun, biraz yapışkan genç olanları ise tüysüz yapıdadır (Orman atlası, 2013).

Deneyde kullanılan ham kavak ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $6,95 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $6,73 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 50,07 gram ağırlık, $2,93 \text{ cm}^3$ hacim ve $0,22 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $908,83^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 124,33 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 10,47. saniyede alev alma anı ise 16,67. saniyede gerçekleşmiştir.

Bor katkılı yangına dayanıklı kavak ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $6,91 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $6,69 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 40,90 gram ağırlık, $1,89 \text{ cm}^3$ hacim ve $0,22 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $930,93^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 122,33 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 73,87. saniyede gerçekleşmiştir. Alev alma anı deney boyunca gözlemlenmemiştir.

Su bazlı yangına dayanıklı kavak ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $6,27 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $6,15 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 32,17 gram ağırlık, $2,30 \text{ cm}^3$ hacim ve $0,12 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. 1000°C gerçekleşen deneyde deney süresi 121,67 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 36,27. saniyede alev alma anı ise 74,40. saniyede gerçekleşmiştir.

Deneyde kullanılan solvent bazlı yangına dayanıklı kavak ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $4,97 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $4,92 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 9,67 gram ağırlık, $3,11 \text{ cm}^3$ hacim ve $0,5 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. 1000°C gerçekleşen deneyde deney süresi 122 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 38,27. saniyede alev alma anı ise 76,13. saniyede gerçekleşmiştir.

Kavak ham malzemesini, ortalama 908,83°C deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 27,66 saniye, alev alma süresinde ise 57,73 saniye gecikme görülmüştür.

Kavak ham malzemesini, ortalama 930,93°C deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 63,4 saniye, alev alma ise 122,33 saniye deney süresince görülmediğinden 105,66 saniye gecikme görülmüştür.

Kavak ham malzemesini, ortalama 1000°C deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 27,8 saniye, alev alma süresinde ise 59,46 saniye gecikme görülmüştür.

Kavak ham malzemesini, ortalama 1000°C deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda su bazlı yangına dayanıklı boyanın 17,9 gram ağırlık ve 0,10 g/cm³ yoğunluk kaybını engellediği görülmüştür.

Kavak ham malzemesini, ortalama 930,93°C deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda bor bazlı yangına dayanıklı boyanın 9,17 gram ağırlık ve 0,2 g/cm³ yoğunluk kaybını engellediği görülmüştür.

Kavak ham malzemesini, ortalama 1000°C deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda solvent bazlı yangına dayanıklı boyanın 40,4 gram ağırlık ve 0,17 g/cm³ yoğunluk kaybını engellediği görülmüştür.

Belirtilen sayısal veriler ortalama değerlerdir.

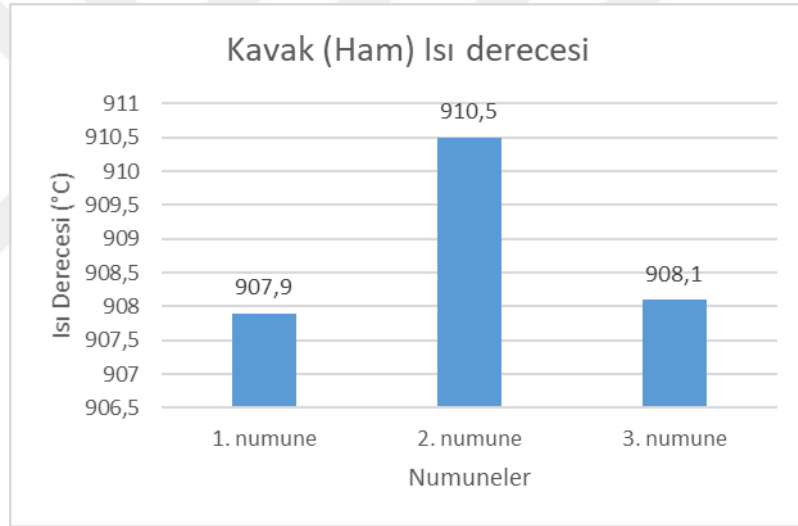
Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda kavak ahşap malzemesi için yapılan deneyde en iyi dayanımı veren boya sırasıyla;

1. Bor katkılı yangına dayanıklı boya

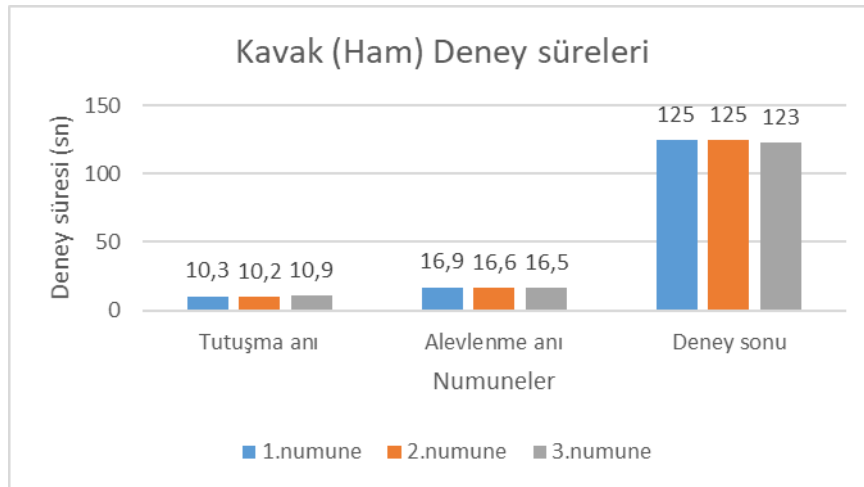
2. Solvent bazlı yangına dayanıklı boya
3. Su bazlı yangına dayanıklı boya şeklinde belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Kavak ham ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER		KAVAK (KVH)												
DENEY	Birim	HAM												Ortalama
		1. NUMUNE (KVH1)				2. NUMUNE (KVH2)				3. NUMUNE (KVH3)				
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	
İLK EBAT	mm	90	252	59	133,812	91	250	59	134,225	90	252	59	133,812	133,95
SON EBAT	mm	90	252	59	133,812	91	250	57	129,675	89	251	58	129,5662	131,02
İLK AĞIRLIK	gr	842,5				993,3				956,7				280,83
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr													
SON AĞIRLIK	gr	800,3				938,6				903,4				880,77
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	42,2				54,7				53,3				50,07
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	6,30				7,40				7,15				6,95
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	5,98				7,24				6,97				6,73
ISI DERECEŚİ	°C	907,9				910,5				908,1				908,83
TUTUŞMA ANI	saniye	10,3				10,2				10,9				10,47
ALEVLENME ANI	saniye	16,9				16,6				16,5				16,67
YANMA SÜRE FARKI	saniye	6,6				6,4				5,6				6,20
DENEY SONU	saniye	125				125				123				124,33
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														



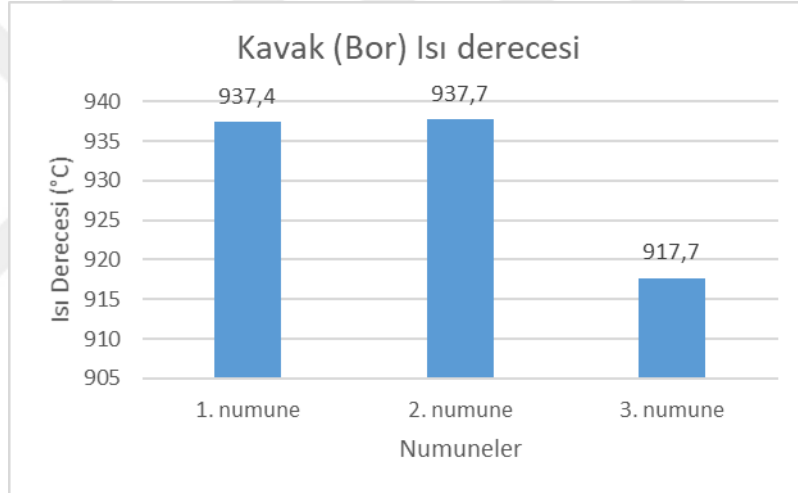
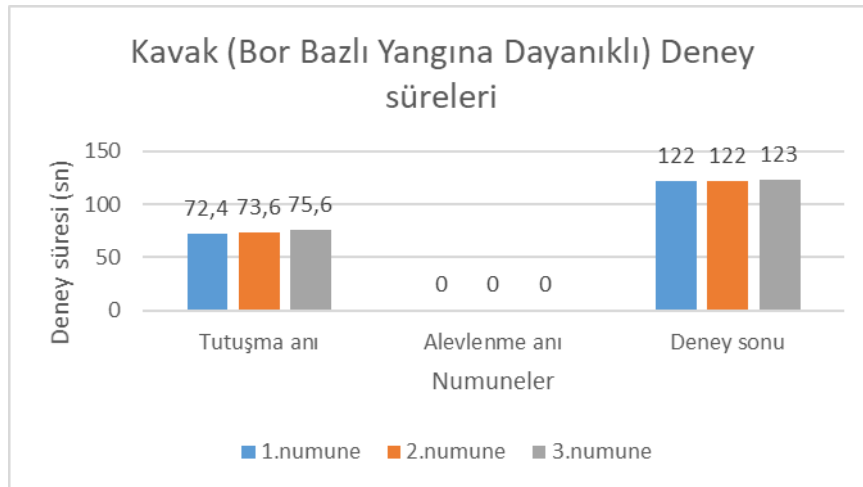
Şekil 4.2. Kavak ahşap ham deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



Şekil 4.3. Kavak ahşap ham deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.2. Kavak bor katkılı yangına dayanıklı ahşap malzemesi için elde edilen veriler

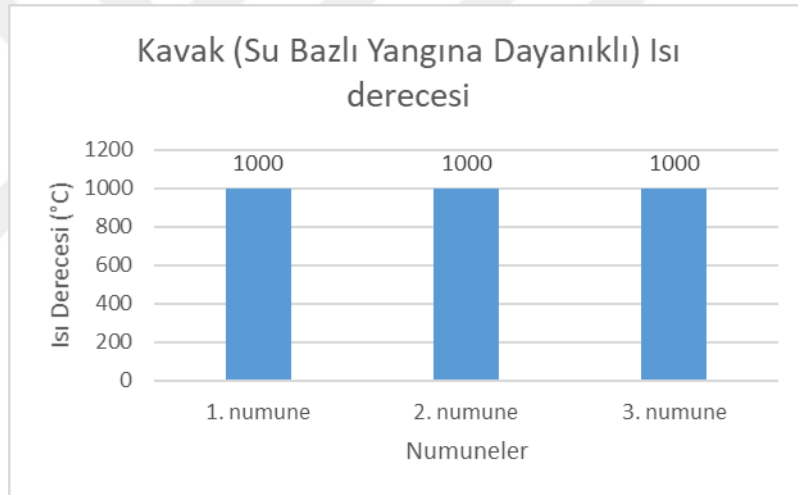
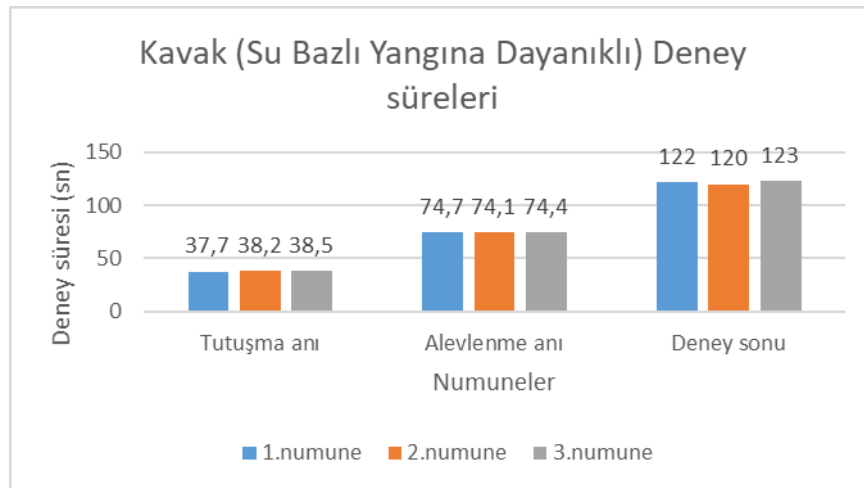
DOĞAL AHŞAP MALZEMELER		KAVAK (KVBK)												
DENEY	Birim	BOR BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA												Ortalama
		1. NUMUNE (KVBK1)				2. NUMUNE (KVBK2)				3. NUMUNE (KVBK3)				
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	
İLK EBAT	mm	90	252	57	129,276	91	251	58	132,4778	90	251	58	131,022	130,93
SON EBAT	mm	90	251	57	128,763	90	251	58	131,022	89	251	57	127,3323	129,04
İLK AĞIRLIK	gr	883				965,3				866,6				294,33
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	880,3				967,9				869				
SON AĞIRLIK	gr	840,2				935,7				816,3				864,07
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	42,8				29,6				50,3				40,90
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	6,8303475				7,2865				6,6142				6,91
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	6,5251664				7,1415				6,4108				6,69
ISI DERECESESİ	°C	937,4				937,7				917,7				930,93
TUTUŞMA ANI	saniye	72,4				73,6				75,6				73,87
ALEVLENME ANI	saniye	0				0				0				0,00
YANMA SÜRE FARKI	saniye	0				0				0				0,00
DENEY SONU	saniye	122				122				123				122,33
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														
				GÖRÜLMEDİ				GÖRÜLMEDİ				GÖRÜLMEDİ		

**Şekil 4.4.** Kavak ahşap bor katkılı yangına dayanıklı deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri**Şekil 4.5.** Kavak ahşap bor katkılı yangına dayanıklı deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.3. Kavak su bazlı yangına dayanıklı boya ahşap malzemesi için elde edilen veriler

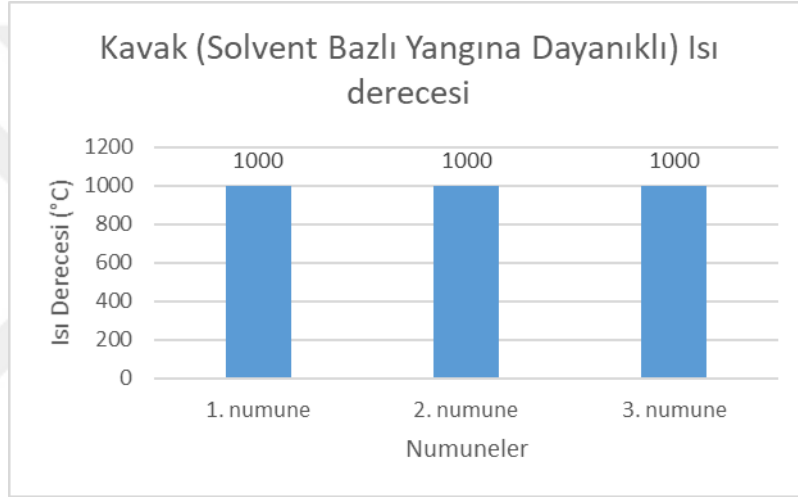
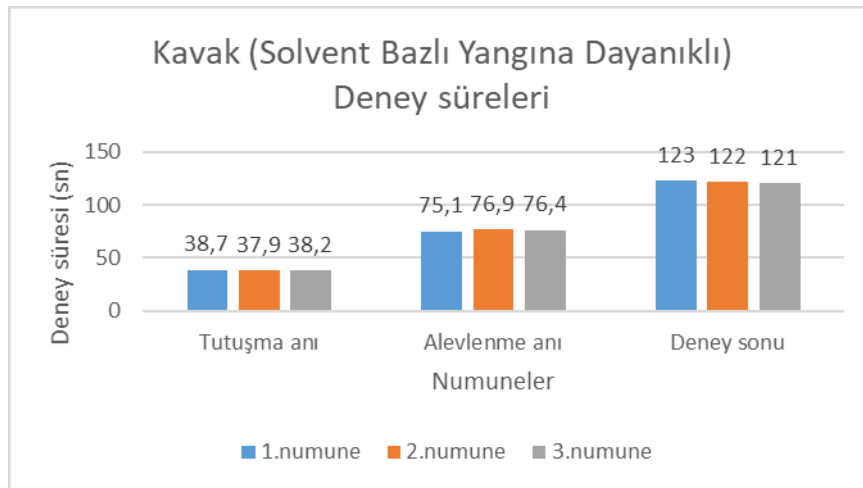
DOĞAL AHŞAP MALZEMELER		KAVAK (KVKs)													
DENEY	Birim	SU BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA													Ortalama
		1. NUMUNE (KVS1)				2. NUMUNE (KVS2)				3. NUMUNE (KVS3)					
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³		
İLK EBAT	mm	90	252	59	133,812	90	250	58	130,5	90	251	59	133,281	132,53	
SON EBAT	mm	90	252	58	131,544	89	251	58	129,5662	89	251	58	129,5662	130,23	
İLK AĞIRLIK	gr	943,7				627,4				928				314,57	
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	935,2				633,3				925,1					
SON AĞIRLIK	gr	896,9				621,6				884,1				800,87	
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	46,8				5,8				43,9				32,17	
İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³	7,0524318				4,8077				6,9627				6,27	
SON YOĞUNLUK	gr/cm ³	6,8182509				4,7975				6,8235				6,15	
ISI DERECESİ	°C	1000				1000				1000				1000,00	
TUTUŞMA ANI	saniye	37,7				38,2				38,5				38,13	
ALEVLENME ANI	saniye	74,7				74,1				74,4				74,40	
YANMA SÜRE FARKI	saniye	37				35,9				35,9				36,27	
DENEY SONU	saniye	122				120				123				121,67	
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu		
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)															

Su ve solvent bazlı yangına dayanıklı boyalar ile boyanmış edilmiş kavak ahşap malzemesinde deney esnasında sararma görülmüştür.

**Şekil 4.6.** Kavak ahşap su bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri**Şekil 4.7.** Kavak ahşap su bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.4. Kavak solvent bazlı yangına dayanıklı boya ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHSAP MALZEMELER	KAVAK (KVV)													
	DENEY	Birim	SOLVENT BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA											
			1. NUMUNE (KVV1)				2. NUMUNE (KVV2)				3. NUMUNE (KVV3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³
İLK EBAT	mm		89	247	59	129,6997	91	250	59	134,225	90	251	59	133,281
SON EBAT	mm		89	249	57	126,3177	90	249	57	127,737	90	252	59	133,812
İLK AĞIRLIK	gr		642				642,1				671,5			
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr		649,6				649,1				678,7			
SON AĞIRLIK	gr		633,6				634				659			
AĞIRLIKLAR FARKI	gr		8,4				8,1				12,5			
İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³		4,9498958				4,7838				5,0382			
SON YOĞUNLUK	gr/cm ³		5,0159241				4,9633				4,9248			
ISI DERECEŚİ	°C		1000				1000				1000			
TUTUŞMA ANI	saniye		38,7				37,9				38,2			
ALEVLENME ANI	saniye		75,1				76,9				76,4			
YANMA SÜRE FARKI	saniye		36,4				39				38,2			
DENEY SONU	saniye		123				122				121			
GORÜNTÜLERİN ANALİZİ			Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														

**Şekil 4.8.** Kavak ahşap solvent bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri**Şekil 4.9.** Kavak ahşap solvent bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Köknar uzun boylu bu ağaçlar, genellikle piramit şeklindedir. Ağacın dallarında bulunan kozalaklar ise açık renk yeşilden kahverengiye çalan bir renge sahiptir. Köknar ağaçları ortalama 70 yıl yaşar ve 40 metre boyuna ulaşır. Güçlü, dayanıklı yapıya sahiptir (Orman atlası, 2013).

Deneyde kullanılan ham köknar ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $4,52 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $4,40 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 17,23 gram ağırlık, $0,48 \text{ cm}^3$ hacim ve $0,12 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $943,03^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 122,67 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 13,07. saniyede alev alma anı ise 17,23. saniyede gerçekleşmiştir.

Bor katkılı yangına dayanıklı köknar ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $4,40 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $4,29 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında ağırlıklarında boya ağırlığından kaynaklı 10,97 gram artma görülmüştür. Deney sonrasında malzemede uygulanan boyanın et kalınlığından kaynaklı malzeme hacmi $5,66 \text{ cm}^3$ artmış bunun yanında deney sonunda malzemede $0,11 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $922,30^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 122 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 73,63. saniyede gerçekleşmiştir. Alev alma anı deney boyunca gözlemlenmemiştir.

Su bazlı yangına dayanıklı köknar ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $4,61 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $4,53 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 17,57 gram ağırlık, $1,47 \text{ cm}^3$ hacim ve $0,8 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. 1000°C gerçekleşen deneyde deney süresi 123 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 39,40. saniyede alev alma anı ise 76,07. saniyede gerçekleşmiştir.

Deneyde kullanılan solvent bazlı yangına dayanıklı köknar ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $4,85 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $4,96 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 4,33 gram ağırlık, $3,26 \text{ cm}^3$ hacim kaybı ve deney malzemesinin yoğunluğunda $0,9 \text{ g/cm}^3$ artma meydana gelmiştir. 1000°C gerçekleşen deneyde deney süresi 122 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 39,53. saniyede alev alma anı ise 76,33. saniyede gerçekleşmiştir.

Köknar ham malzemesini, ortalama 1000°C deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 26,33 saniye, alev alma süresinde ise 58,84 saniye gecikme görülmüştür.

Köknar ham malzemesini, ortalama 922,30°C deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 60,56 saniye, alev alma ise 122 saniye deney süresince görülmediğinden 104,77 saniye gecikme görülmüştür.

Köknar ham malzemesini, ortalama 1000°C deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 26,46 saniye, alev alma süresinde ise 59,1 saniye gecikme görülmüştür.

Köknar ham malzemesini, ortalama 1000°C deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda su bazlı yangına dayanıklı boyanın 0,34 gram ağırlık ve 0,4 g/cm³ yoğunluk kaybını engellediği görülmüştür.

Köknar ham malzemesini, ortalama 922,30°C deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda bor bazlı yangına dayanıklı boyanın malzeme ağırlığını arttırarak 28,2 gram ağırlık ve 0,1 g/cm³ yoğunluk kaybını engellediği görülmüştür.

Kavak ham malzemesini, ortalama 1000°C deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda solvent bazlı yangına dayanıklı boyanın 12,9 gram ağırlık ve malzeme yoğunluğunu arttırarak 0,21 g/cm³ yoğunluk kaybını engellediği görülmüştür.

Belirtilen sayısal veriler ortalama değerlerdir.

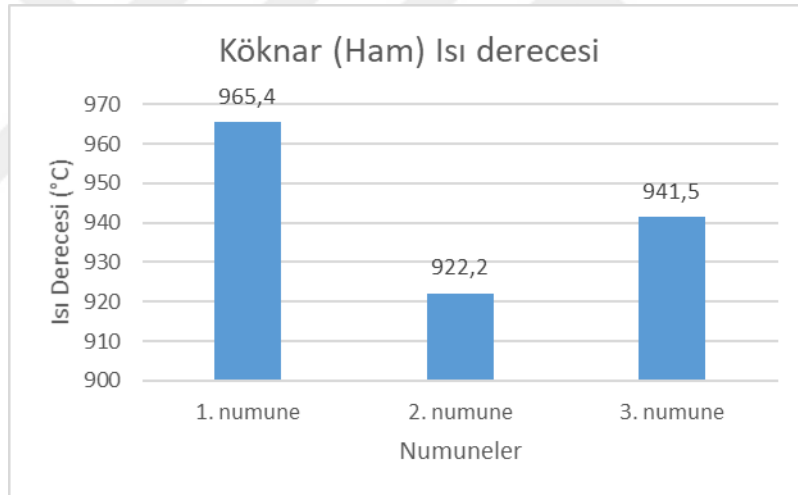
Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda köknar ahşap malzemesi için yapılan deneyde en iyi dayanımı veren boya sırasıyla;

1. Bor katkılı yangına dayanıklı boya

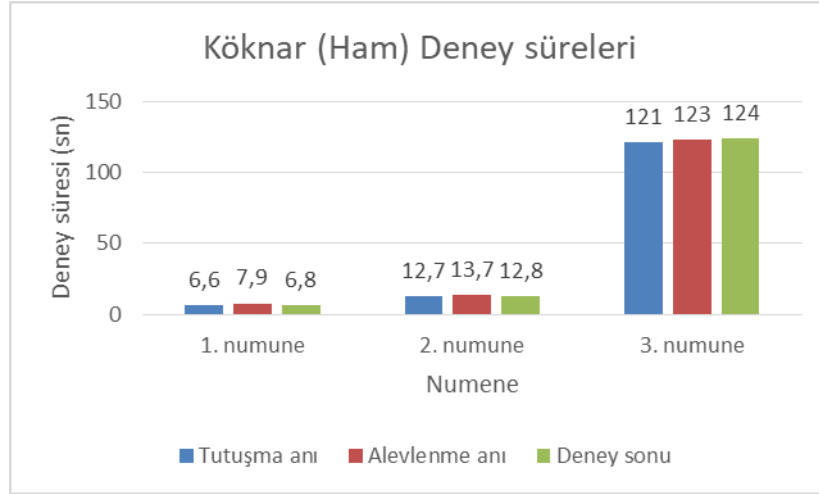
2. Solvent bazlı yangına dayanıklı boya
3. Su bazlı yangına dayanıklı boya şeklinde belirlenmiştir.

Tablo 4.5. Köknar ham ahşap malzemesi için elde edilen veriler

KÖKNAR (KNRH)															
DENEY	Birim	HAM												Ortalama	
		1. NUMUNE (KNRH1)				2. NUMUNE (KNR2)				3. NUMUNE (KNR3)					
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³		
İLK EBAT	mm	89	250	58	129,05	93	260	58	140,244	89	250	59	131,275	133,52	
SON EBAT	mm	88	250	58	127,6	93	260	58	140,244	89	250	59	131,275	133,04	
İLK AĞIRLIK	gr	570,7				670,8				570,9				190,23	
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr														
SON AĞIRLIK	gr	549,3				659,4				552				586,90	
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	21,4				11,4				18,9				17,23	
İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³	4,422316931				4,783092				4,348886				4,52	
SON YOĞUNLUK	gr/cm ³	4,304858934				4,701805				4,204913				4,40	
ISI DERECEŚİ	°C	965,4				922,2				941,5				943,03	
TUTUŞMA ANI	saniye	6,6				7,9				6,8				7,10	
ALEVLENME ANI	saniye	12,7				13,7				12,8				13,07	
YANMA SÜRE FARKI	saniye	6,1				5,8				6				5,97	
DENEY SONU	saniye	121				123				124				122,67	
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu		
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)															



Şekil 4.10. Köknar ahşap ham deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri

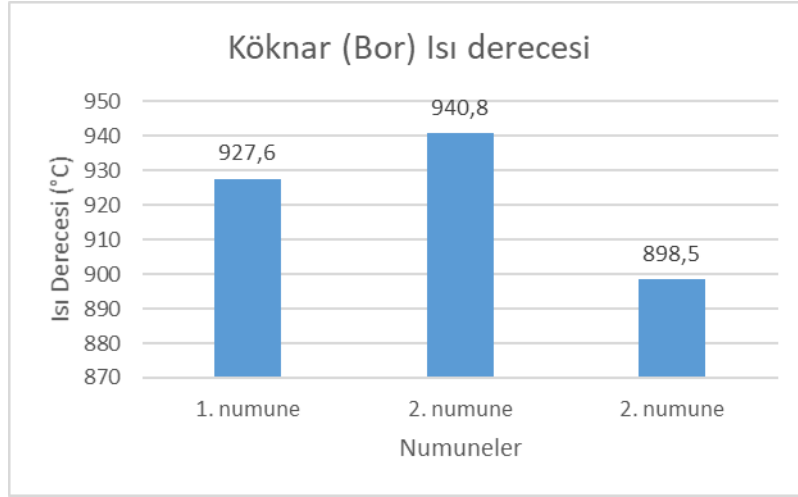


Şekil 4.11. Köknar ham ahşap deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

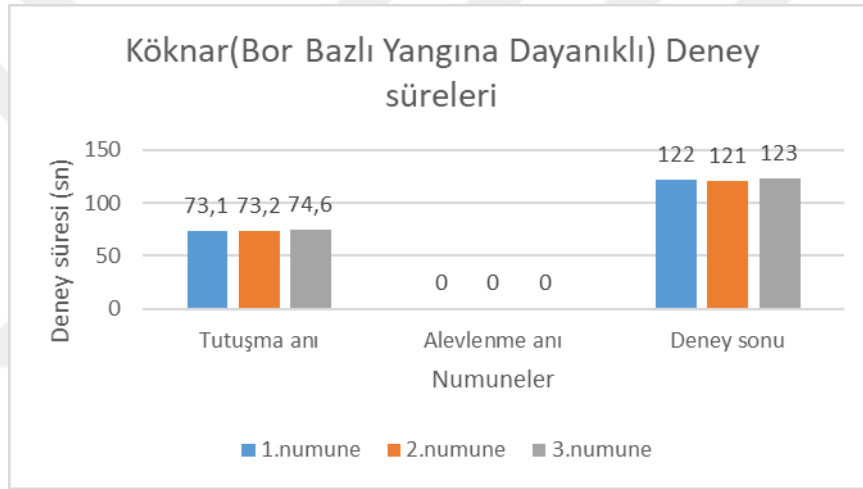
Tablo 4.6. Köknar bor katkılı yangına dayanıklı ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	KÖKNAR (KNRB)													
	DENEY	Birim	BOR BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA											
			1. NUMUNE (KNR1)				2. NUMUNE (KNRB2)				3. NUMUNE (KNRB3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³
	İLK EBAT	mm	89	250	59	131,275	89	244	59	128,1244	90	250	59	132,75
	SON EBAT	mm	89	250	63	140,175	89	244	61	132,4676	91	250	60	136,5
	İLK AĞIRLIK	gr	598,6				551,6				573,6			
	BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	626,2				570,5				601,1			
	SON AĞIRLIK	gr	613,1				557,2				586,4			
	AĞIRLIKLAR FARKI	gr	-14,5				-5,6				-12,8			
	İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³	4,5598934				4,3052				4,3209			
	SON YOĞUNLUK	gr/cm ³	4,3738184				4,2063				4,296			
	ISI DERECESİ	°C	927,6				940,8				898,5			
	TUTUŞMA ANI	saniye	73,1				73,2				74,6			
	ALEVLENME ANI	saniye	0				0				0			
	YANMA SÜRE FARKI	saniye	0				0				0			
	DENEY SONU	saniye	122				121				123			
	GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	
	DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)													

Deney esnasında renk değişimine uğrayarak sararma görüldüğü köknar ahşap malzemesinin, bor katkılı boya malzemesiyle boyandığında tutuşmanın görüldüğü alevlenmenin ise görülmeyeceği tespit edilmiştir (Bor katkılı boya ile boyanan tüm ahşap malzemelerde alevlenme görülmemiştir).



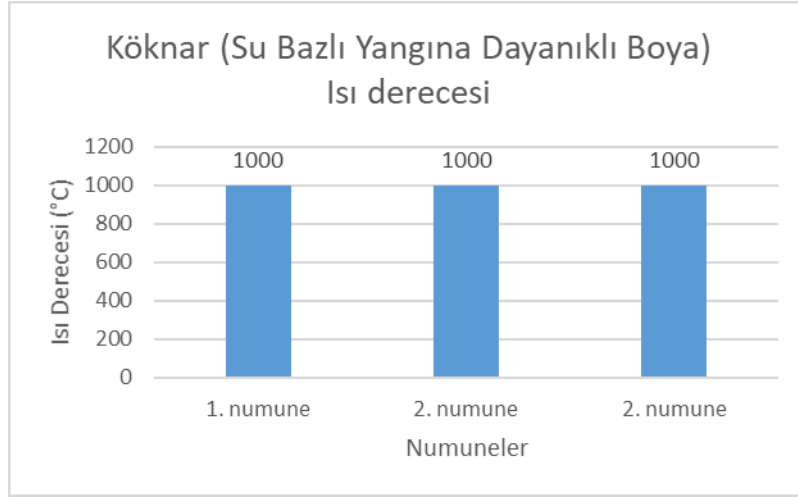
Şekil 4.12. Köknar bor katkılı yangına dayanıklı boya deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



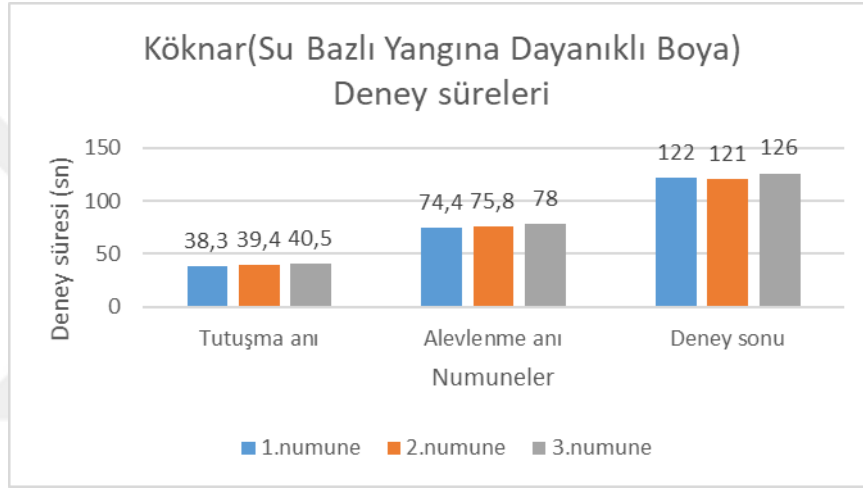
Şekil 4.13. Köknar bor katkılı yangına dayanıklı boya deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.7. Köknar su bazlı yangına dayanıklı ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER		KÖKNAR (KNRS)													
DENEY	Birim	SU BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA													Ortalama
		1. NUMUNE (KNRS1)				2. NUMUNE (KNRS2)				3. NUMUNE (KNRS3)					
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³		
İLK EBAT	mm	89	250	59	131,275	88	250	59	129,8	89	250	59	131,275	130,78	
SON EBAT	mm	89	250	58	129,05	88	250	58	127,6	89	250	59	131,275	129,31	
İLK AĞIRLIK	gr	587,3				641				580,8				195,77	
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	589,9				645,6				584,1					
SON AĞIRLIK	gr	569				626,3				561,1				585,47	
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	18,3				14,7				19,7				17,57	
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	4,4738145				4,9384				4,4243				4,61	
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	4,4091437				4,9083				4,2742				4,53	
ISI DERECEŚİ	°C	1000				1000				1000				1000,00	
TUTUŞMA ANI	saniye	38,3				39,4				40,5				39,40	
ALEVLENME ANI	saniye	74,4				75,8				78				76,07	
YANMA SÜRE FARKI	saniye	36,1				36,4				37,5				36,67	
DENEY SONU	saniye	122				121				126				123,00	
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu		
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)															



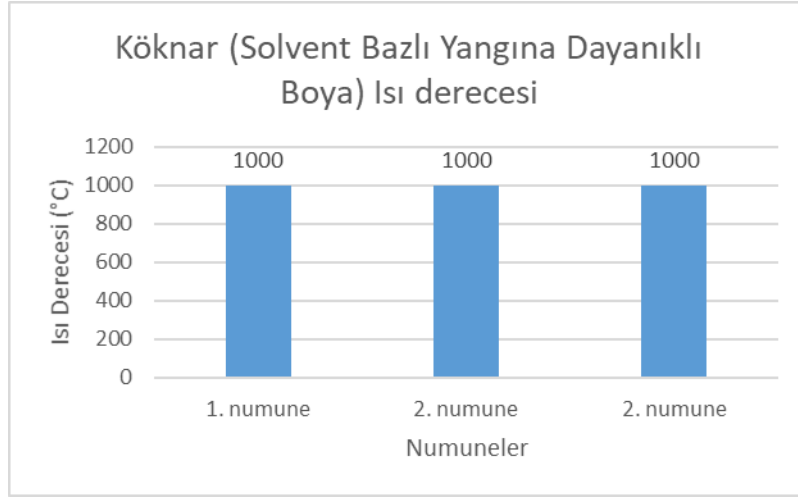
Şekil 4.14. Köknar su bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



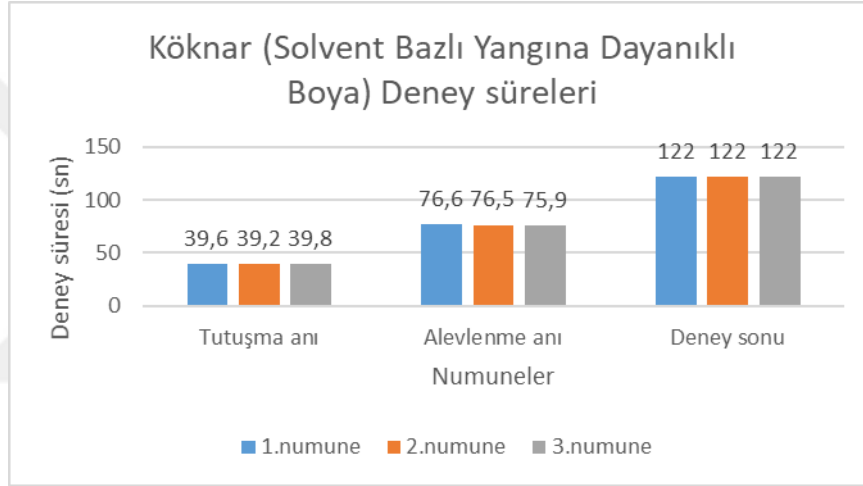
Şekil 4.15. Köknar su bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.8. Köknar solvent bazlı yangına dayanıklı ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER		KÖKNAR (KNRSV)														Ortalama
DENEY	Birim	SOLVENT BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA														
		1. NUMUNE (KNRSV1)					2. NUMUNE (KNRSV2)				3. NUMUNE (KNRSV3)					
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³			
İLK EBAT	mm	89	250	59	131,275	94	256	58	139,5712	90	251	59	133,281	134,71		
SON EBAT	mm	89	250	59	131,275	94	256	57	137,1648	88	251	57	125,9016	131,45		
İLK AĞIRLIK	gr	609,9				653,1				698,3				203,30		
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	616,9				662,5				710						
SON AĞIRLIK	gr	601,5				650				696,8				649,43		
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	8,4				3,1				1,5				4,33		
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	4,6459722				4,6793				5,2393				4,85		
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	4,5819844				4,7388				5,5345				4,95		
ISI DERECEŚİ	°C	1000				1000				1000				1000,00		
TUTUŞMA ANI	saniye	39,6				39,2				39,8				39,53		
ALEVLENME ANI	saniye	76,6				76,5				75,9				76,33		
YANMA SÜRE FARKI	saniye	37				37,3				36,1				36,80		
DENEY SONU	saniye	122				122				122				122,00		
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu				
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)																



Şekil 4.16. Köknar solvent bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



Şekil 4.17. Köknar solvent bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Çam yaprak dökmeyen tek ağaç türü olan çam çok çeşitlidir. 115 çeşidi bulunan çam ağacı diğer ağaçlar gibi sonbaharda yapraklarını dökmez yaz kış hep yeşildir. Bir diğer özelliği ise uzun ömürlü ve dayanıklı olmasıdır. Ayrıca iğneleri ve kozalağı bulunur. Çıra hammaddesi çam ağaçlarından elde edilmektedir. Dayanıklı yapısı sayesinde her iklimde yaşayabilir (Orman atlası, 2013).

Deneyde kullanılan ham çam ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $5,32 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $5,27 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 18,90 gram ağırlık, $2,22 \text{ cm}^3$ hacim ve $0,5 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $916,17^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 121,67 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 9,53. saniyede alev alma anı ise 15,37. saniyede gerçekleşmiştir.

Bor katkılı yangına dayanıklı çam ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $5,37 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $5,16 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında ağırlıklarında boya ağırlığından kaynaklı 9,97 gram artma görülmüştür. Deney sonrasında malzemede uygulanan boyanın et kalınlığından kaynaklı malzeme hacmi $7,6 \text{ cm}^3$ artmış bunun yanında deney sonunda malzemede $0,21 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $862,83^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 121,67 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 71,27. saniyede gerçekleşmiştir. Alev alma anı deney boyunca gözlemlenmemiştir.

Su bazlı yangına dayanıklı çam ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $5,67 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $5,56 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 18,20 gram ağırlık, $0,75 \text{ cm}^3$ hacim ve $0,11 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. 1000°C gerçekleşen deneyde deney süresi 122,67 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 41,47. saniyede alev alma anı ise 80,53. saniyede gerçekleşmiştir.

Deneyde kullanılan solvent bazlı yangına dayanıklı çam ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $5,22 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $5,20 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 13,83 gram ağırlık, $2,23 \text{ cm}^3$ hacim ve yoğunluğunda $0,2 \text{ g/cm}^3$ azalma meydana gelmiştir. $959,10^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 121,67 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 42,57. saniyede alev alma anı ise 82,23. saniyede gerçekleşmiştir.

Çam ham malzemesini, ortalama 1000 derecede deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 31,94 saniye, alev alma süresinde ise 65,16 saniye gecikme görülmüştür.

Çam ham malzemesini, ortalama $862,83$ derecede deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 61,74 saniye, alev alma ise 122 saniye deney süresince görülmediğinden 106,3 saniye gecikme görülmüştür.

Çam ham malzemesini, ortalama $959,10$ derecede deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 33,04 saniye, alev alma süresinde ise 66,86 saniye gecikme görülmüştür.

Çam ham malzemesini, ortalama 1000 derecede deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda su bazlı yangına dayanıklı boyanın 0,70 gram ağırlık kaybını engellediği görülmüştür.

Çam ham malzemesini, ortalama 862,83 derecede deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda bor bazlı yangına dayanıklı boyanın malzeme ağırlığını arttırarak 28,87 gram ağırlık kaybını engellediği görülmüştür.

Çam ham malzemesini, ortalama 959,10 derecede deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda solvent bazlı yangına dayanıklı boyanın 5,07 gram ağırlık ve malzeme yoğunluğunu arttırarak 0,3 g/cm³ yoğunluk kaybını engellediği görülmüştür.

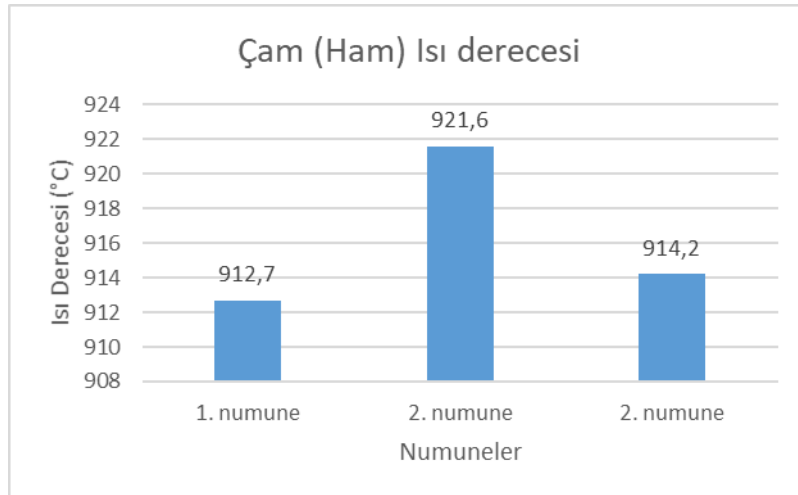
Belirtilen sayısal veriler ortalama değerlerdir.

Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda çam ahşap malzemesi için yapılan deneyde en iyi dayanımı veren boya sırasıyla;

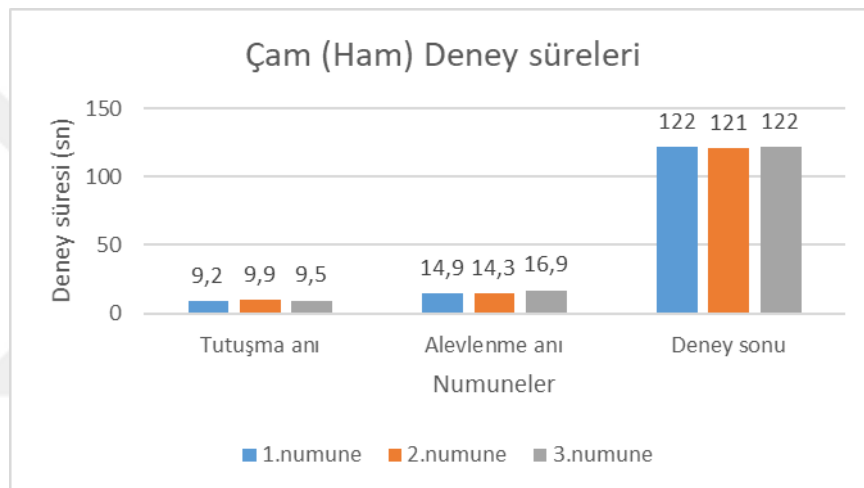
1. Bor katkılı yangına dayanıklı boya
2. Solvent bazlı yangına dayanıklı boya
3. Su bazlı yangına dayanıklı boya şeklinde belirlenmiştir.

Tablo 4.9. Çam ham ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	ÇAM (CMH)													
	DENEY	Birim	HAM											
			1. NUMUNE (ÇMH1)				2. NUMUNE (ÇMH2)				3. NUMUNE (ÇMH3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³
	İLK EBAT	mm	89	250	59	131,275	89	249	58	128,5338	89	250	58	129,05
	SON EBAT	mm	89	250	58	129,05	89	249	57	126,3177	89	250	57	126,825
	İLK AĞIRLIK	gr	706,7				676,6				687,4			
	BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr												
	SON AĞIRLIK	gr	688,2				655,6				670,2			
	AĞIRLIKLAR FARKI	gr	18,5				21				17,2			
	İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³	5,38355551				5,263985				5,326618			
	SON YOĞUNLUK	gr/cm ³	5,332816738				5,190088				5,284447			
	ISI DERECEŚİ	°C	912,7				921,6				914,2			
	TUTUŞMA ANI	saniye	9,2				9,9				9,5			
	ALEVLENME ANI	saniye	14,9				14,3				16,9			
	YANMA SÜRE FARKI	saniye	5,7				4,4				7,4			
	DENEY SONU	saniye	122				121				122			
	GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu
	DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)													



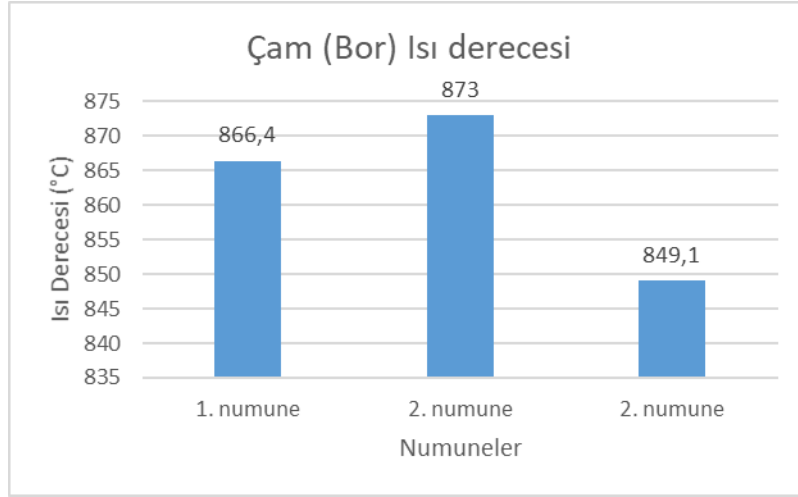
Şekil 4.18. Çam ahşap ham deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



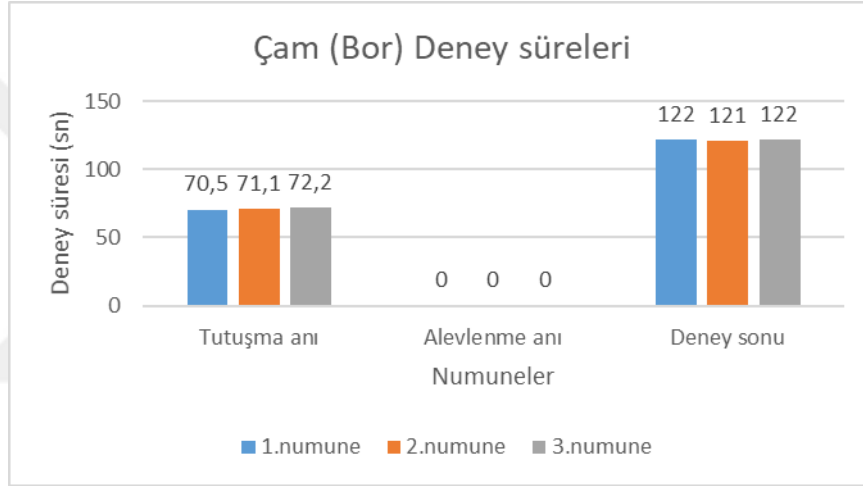
Şekil 4.19.Çam ahşap ham deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.10. Çam bor katkılı yangına dayanıklı ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHAŞAP MALZEMELER		ÇAM (ÇMB)													Ortalama	
DENEY	Birim	BOR BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA														
		1. NUMUNE (ÇMB1)				2. NUMUNE (ÇMB2)				3. NUMUNE (ÇMB3)						
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³			
İLK EBAT	mm	90	250	59	132,75	89	249	59	130,7499	89	250	58	129,05	130,85		
SON EBAT	mm	90	251	62	140,058	89	250	62	137,95	89	250	61	135,725	137,91		
İLK AĞIRLIK	gr	709				698,1				699,1				236,33		
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	737,8				724,5				717,5						
SON AĞIRLIK	gr	722,8				710,1				703,2				712,03		
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	-13,8				-12				-4,1				-9,97		
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	5,3408663				5,3392				5,4173				5,37		
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	5,1607191				5,1475				5,1811				5,16		
ISI DERECEŚİ	°C	866,4				873				849,1				862,83		
TUTUŞMA ANI	sanıye	70,5				71,1				72,2				71,27		
ALEVLENME ANI	sanıye	0				0				0				0,00		
YANMA SÜRE FARKI	sanıye	0				0				0				0,00		
DENEY SONU	sanıye	122				121				122				121,67		
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu				
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)			GÖRÜLMEDİ						GÖRÜLMEDİ						GÖRÜLMEDİ	



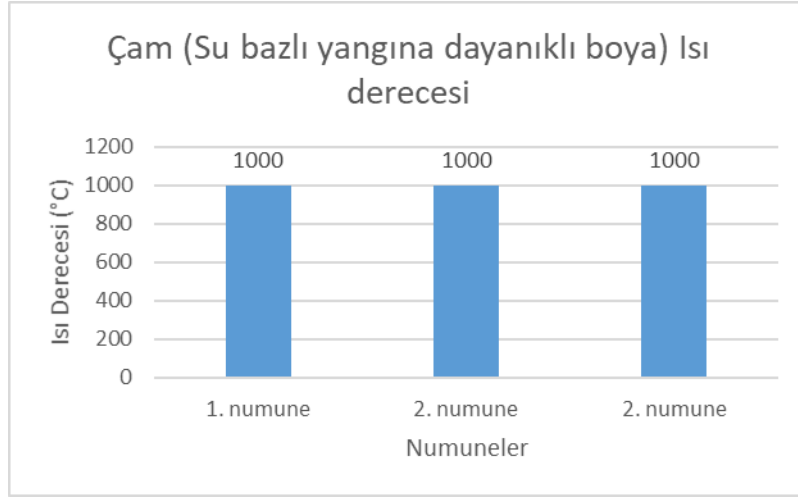
Şekil 4.20. Çam ahşap bor katkılı yangına dayanıklı boya deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



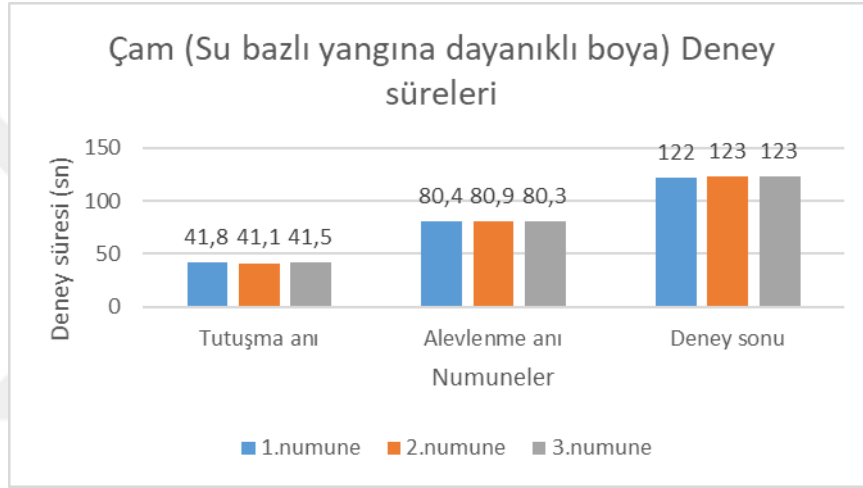
Şekil 4.21. Çam ahşap bor katkılı yangına dayanıklı boya deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.11. Çam su bazlı yangına dayanıklı ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER		ÇAM (CMS)													
DENEY	Birim	SU BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA												Ortalama	
		1. NUMUNE (ÇMS1)				2. NUMUNE (ÇMS2)				3. NUMUNE (ÇMS3)					
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³		
İLK EBAT	mm	88	250	59	129,8	90	250	59	132,75	89	249	58	128,5338	130,36	
SON EBAT	mm	88	250	59	129,8	90	250	58	130,5	89	249	58	128,5338	129,61	
İLK AĞIRLIK	gr	726,8				739,7				751,6				242,27	
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	753,6				737,3				728,4					
SON AĞIRLIK	gr	710,3				718,6				734,6				721,17	
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	16,5				21,1				17				18,20	
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	5,5993837				5,5721				5,8475				5,67	
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	5,472265				5,5065				5,7152				5,56	
ISI DERECEŚİ	°C	1000				1000				1000				1000,00	
TUTUŞMA ANI	saniye	41,8				41,1				41,5				41,47	
ALEVLENME ANI	saniye	80,4				80,9				80,3				80,53	
YANMA SÜRE FARKI	saniye	38,6				39,8				38,8				39,07	
DENEY SONU	saniye	122				123				123				122,67	
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu		
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)															



Şekil 4.22. Çam ahşap su bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri

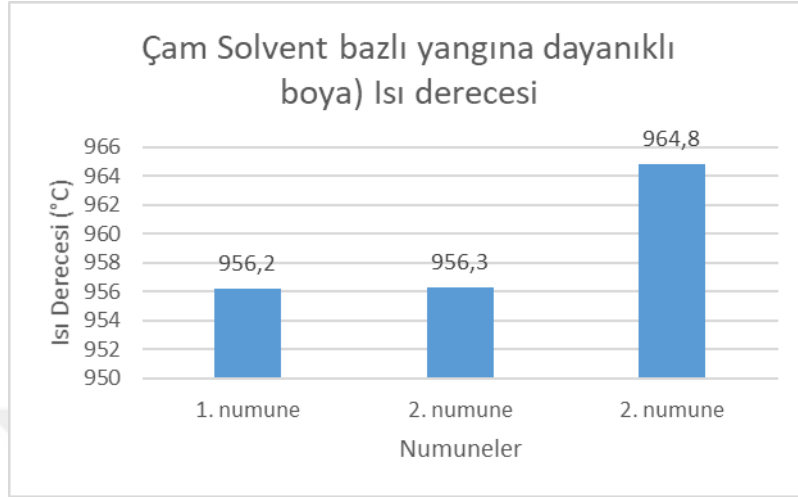


Şekil 4.23. Çam ahşap su bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

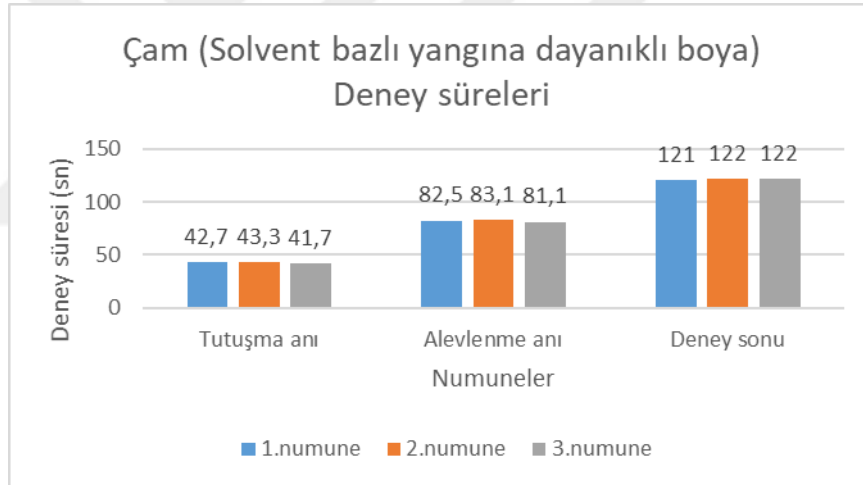
Tablo 4.12. Çam solvent bazlı yangına dayanıklı ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER		ÇAM (ÇMSV)												
DENEY	Birim	SOLVENT BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA												Ortalama
		1. NUMUNE (ÇMSV1)				2. NUMUNE (ÇMSV2)				3. NUMUNE (ÇMSV3)				
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	
İLK EBAT	mm	89	249	59	130,7499	89	250	59	131,275	90	249	60	134,46	132,16
SON EBAT	mm	89	249	58	128,5338	89	250	58	129,05	90	249	59	132,219	129,93
İLK AĞIRLIK	gr	682,2				682				705,4				227,40
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	684,9				681,8				710,5				
SON AĞIRLIK	gr	669,2				662,1				696,8				676,03
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	13				19,9				8,6				13,83
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	5,2175948				5,1952				5,2462				5,22
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	5,2064126				5,1306				5,27				5,20
ISI DERECE	°C	956,2				956,3				964,8				959,10
TUTUŞMA ANI	saniye	42,7				43,3				41,7				42,57
ALEVLENME ANI	saniye	82,5				83,1				81,1				82,23
YANMA SÜRE FARKI	saniye	39,8				39,8				39,4				39,67
DENEY SONU	saniye	121				122				122				121,67
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Dene başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Dene başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Dene başı ve sonu	
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														

Çam ahşap malzemesinde duman oluşumu ve çamın öz kokusu tespit edilmiştir. Teknobond solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin deney esnasında ısıya karşı kabuk şeklinde malzemeden ayrıldığı görülmüştür.



Şekil 4.24. Çam ahşap solvent bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



Şekil 4.25. Çam ahşap solvent bazlı yangına dayanıklı boya deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Kayın 30-40 m ye kadar boy ve 1 m.ye kadar çapa ulaşabilen kayının en belirgin özelliği gri renkli kabuklarının yaşamları boyunca çatlamadan düz ve pürüzsüz olarak kalmalarıdır. Genç sürgünleri tüylüdür. Ülkemizin 1.sınıf orman ağaçlarından biridir (Orman atlası, 2013).

Deneyde kullanılan ham kayın ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $7,29 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $7,32 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 36,60 gram ağırlık, $5,38 \text{ cm}^3$ hacim kaybı ve $0,3 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk artışı görülmüştür. $910,53^\circ\text{C}$ gerçekleşen

deneyde deney süresi 128,67 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 9,73. saniyede alev alma anı ise 15,87. saniyede gerçekleşmiştir.

Bor katkılı yangına dayanıklı kayın ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $7,26 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $6,97 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında malzemede uygulanan boyanın et kalınlığından kaynaklı malzeme hacmi $4,14 \text{ cm}^3$ ağırlığı ise 12,87 gram artmış bunun yanında deney sonunda malzemede $0,29 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $885,90^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 122,33 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 74,37. saniyede gerçekleşmiştir. Alev alma anı deney boyunca gözlemlenmemiştir.

Su bazlı yangına dayanıklı kayın ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $7,52 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $7,45 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 30,30 gram ağırlık, $2,84 \text{ cm}^3$ hacim ve $0,7 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $945,07^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 123 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 44,47. saniyede alev alma anı ise 84,17. saniyede gerçekleşmiştir.

Deneyde kullanılan solvent bazlı yangına dayanıklı kayın ahşap malzemesinin ilk yoğunluğu $6,75 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $6,68 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında 37,47 gram ağırlık, $3,87 \text{ cm}^3$ hacim ve yoğunluğunda $0,93 \text{ g/cm}^3$ azalma meydana gelmiştir. $935,30^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 122,67 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 43,57. saniyede alev alma anı ise 82,10. saniyede gerçekleşmiştir.

Kayın ham malzemesini, ortalama $945,07$ derecede deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 34,74 saniye, alev alma süresinde ise 68,28 saniye gecikme görülmüştür.

Kayın ham malzemesini, ortalama $885,90$ derecede deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 64,64 saniye, alev alma ise 122,33 saniye deney süresince görülmediğinden 106,44 saniye gecikme görülmüştür.

Kayın ham malzemesini, ortalama 935,30 derecede deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 35,84 saniye, alev alma süresinde ise 66,21 saniye gecikme görülmüştür.

Kayın ham malzemesini, ortalama 945,07 derecede deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda su bazlı yangına dayanıklı boyanın 6,30 gram ağırlık kaybını engellediği görülmüştür.

Kayın ham malzemesini, ortalama 885,90 derecede deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda bor bazlı yangına dayanıklı boyanın malzeme ağırlığını artırarak 49,47 gram ağırlık kaybını engellediği görülmüştür.

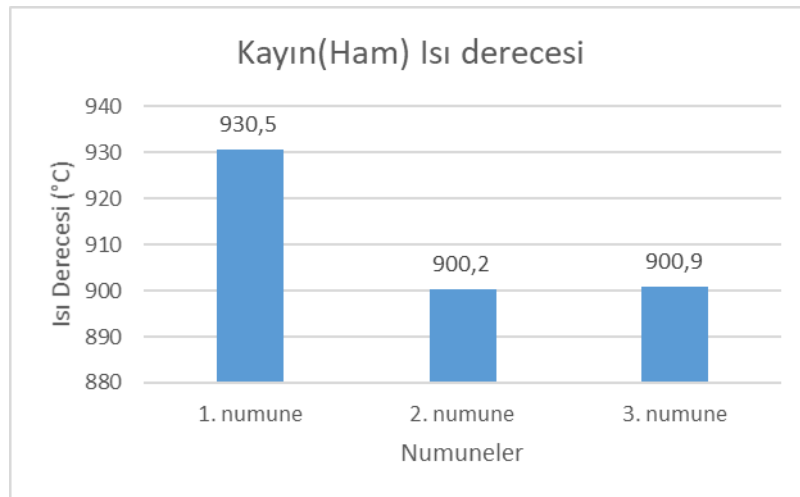
Belirtilen sayısal veriler ortalama değerlerdir.

Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda kayın ahşap malzemesi için yapılan deneyde en iyi dayanımı veren boya sırasıyla;

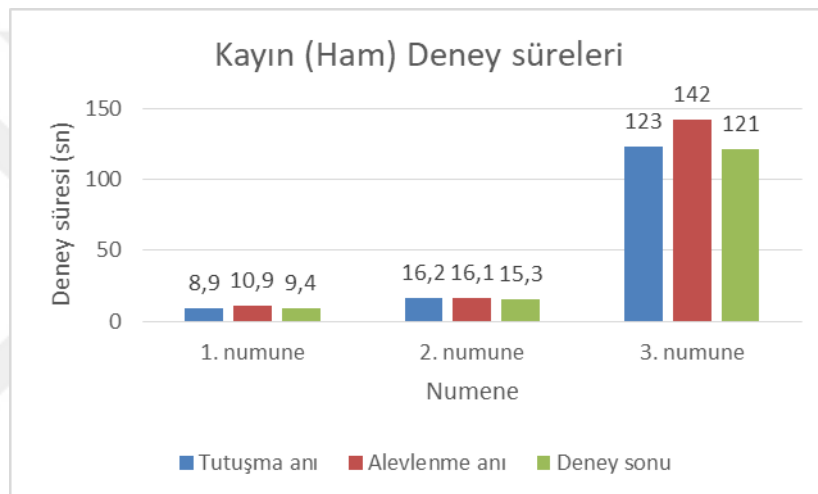
1. Bor katkılı yangına dayanıklı boya
2. Solvent bazlı yangına dayanıklı boya
3. Su bazlı yangına dayanıklı boya şeklinde belirlenmiştir.

Tablo 4.13. Kayın ham ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	KAYIN (KYNH)													
DENEY	Birim	HAM												Ortalama
		1. NUMUNE (KYNH1)				2. NUMUNE (KYNH2)				3. NUMUNE (KYNH3)				
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	
İLK EBAT	mm	88	260	62	141,856	89	260	59	136,526	89	260	59	136,526	138,30
SON EBAT	mm	88	260	60	137,28	89	260	56	129,584	89	260	57	131,898	132,92
İLK AĞIRLIK	gr		1020,4			1006,9				998,3				340,13
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr													
SON AĞIRLIK	gr		984,3			968,4				963,1				971,93
AĞIRLIKLAR FARKI	gr		36,1			38,5				35,2				36,60
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³		7,193210016			7,375152				7,31216				7,29
SON YOĞUNLUK	gr/cm³		7,170017483			7,473145				7,301854				7,32
ISI DERECEŚİ	°C		930,5			900,2				900,9				910,53
TUTUŞMA ANI	saniye		8,9			10,9				9,4				9,73
ALEVLENME ANI	saniye		16,2			16,1				15,3				15,87
YANMA SÜRE FARKI	saniye		7,3			5,2				5,9				6,13
DENEY SONU	saniye		123			142				121				128,67
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														



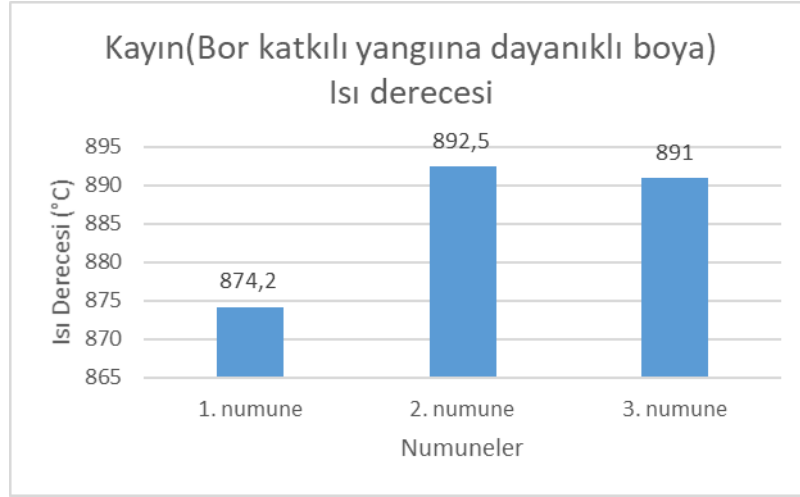
Şekil 4.26. Kayın ham ahşap deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



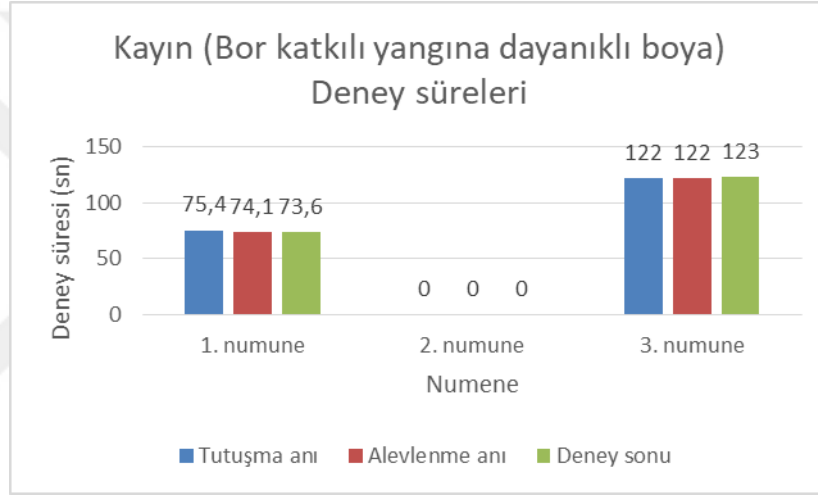
Şekil 4.27.Kayın ham ahşap deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.14. Kayın bor katkılı yangına dayanıklı boya ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHAŞAP MALZEMELER		KAYIP (KYNB)												
DENEY	Birim	BOR BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA												Ortalama
		1. NUMUNE (KYNB1)				2. NUMUNE (KYNB2)				3. NUMUNE (KYNB3)				
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	
İLK EBAT	mm	88	259	62	141,3104	89	259	63	145,2213	90	259	61	142,191	142,91
SÖN EBAT	mm	89	260	64	148,096	90	260	62	145,08	90	261	63	147,987	147,05
İLK AĞIRLIK	gr	1049,6				1058				1004				349,87
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	1067,1				1072				1006				
SÖN AĞIRLIK	gr	1045,5				1051				975,6				1024,10
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	4,1				6,5				28				12,87
İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³	7,42762				7,283				7,058				7,26
SÖN YOĞUNLUK	gr/cm ³	7,05961				7,246				6,592				6,97
İSİ DERECEŚİ	°C	874,2				892,5				891				885,90
TUTUŞMA ANI	saniye	75,4				74,1				73,6				74,37
ALEVLENME ANI	saniye	0				0				0				0,00
YANMA SÜRE FARKI	saniye	0				0				0				0,00
DENEY SONU	saniye	122				122				123				122,33
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deneş başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deneş başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deneş başı ve sonu	
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														
		GÖRÜLMEDİ				GÖRÜLMEDİ				GÖRÜLMEDİ				



Şekil 4.28. Kayın bor katkılı yangına dayanıklı ahşap deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri

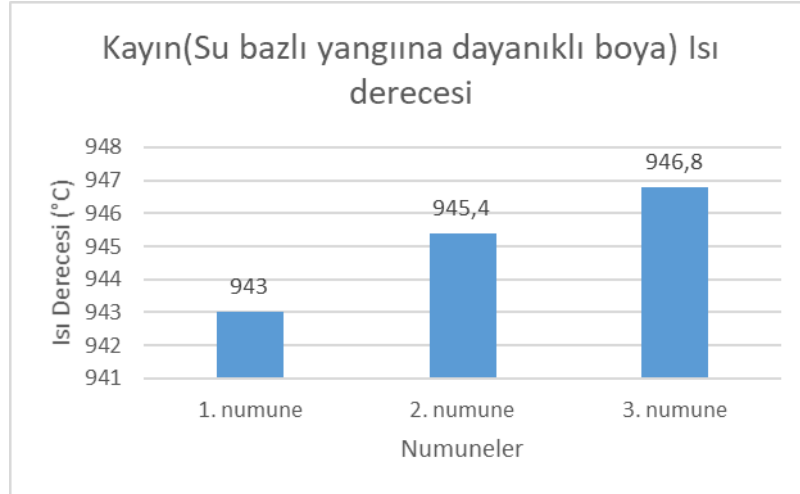


Şekil 4.29. Kayın bor katkılı yangına dayanıklı ahşap deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

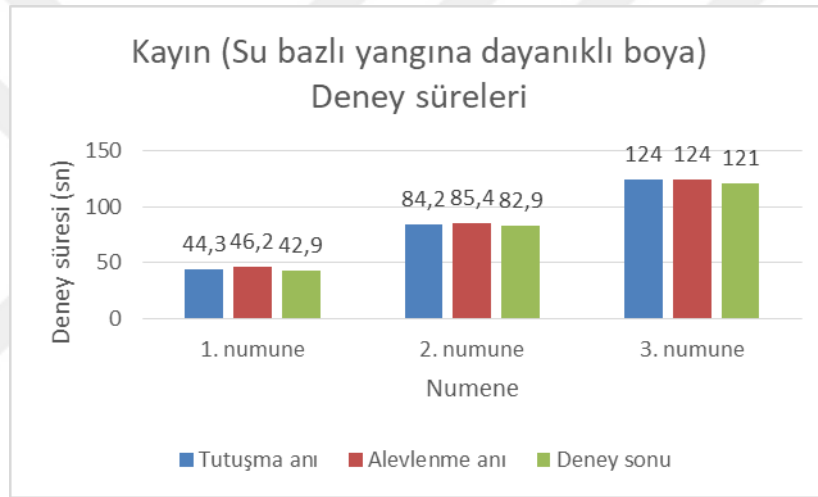
Tablo 4.15. Kayın su bazlı yangına dayanıklı boya ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	KAYIN (KYNS)													
	DENEY	Birim	SU BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA											
			1. NUMUNE (KYNS1)				2. NUMUNE (KYNS2)				3. NUMUNE (KYNS3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³
	İLK EBAT	mm	88	259	60	136,752	90	259	62	144,522	89	260	60	138,84
	SON EBAT	mm	88	259	59	134,4728	89	259	61	140,6111	89	260	59	136,526
	İLK AĞIRLIK	gr	1007,6				1135				1017			335,87
	BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	1003,5				1122				1018			
	SON AĞIRLIK	gr	981,7				1093				993,6			1022,83
	AĞIRLIKLAR FARKI	gr	25,9				41,3				23,7			30,30
	İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	7,368082				7,85				7,327			7,52
	SON YOĞUNLUK	gr/cm³	7,300361				7,775				7,278			7,45
	ISI DERECESESİ	°C	943				945,4				946,8			945,07
	TUTUŞMA ANI	saniye	44,3				46,2				42,9			44,47
	ALEVLENME ANI	saniye	84,2				85,4				82,9			84,17
	YANMA SÜRE FARKI	saniye	39,9				39,2				40			39,70
	DENEY SONU	saniye	124				124				121			123,00
	GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu
	DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)													

Deney sırasında yangına dayanıklı su ve solvent bazlı boyalar ile boyanan kayın ahşap malzemesinde kabarma ve kömürleşme meydana gelmiştir.



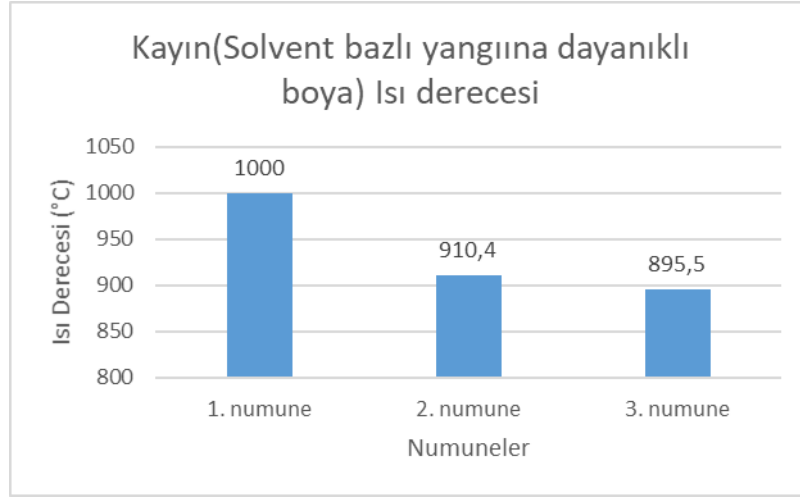
Şekil 4.30. Kayın su bazlı yangına dayanıklı ahşap deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



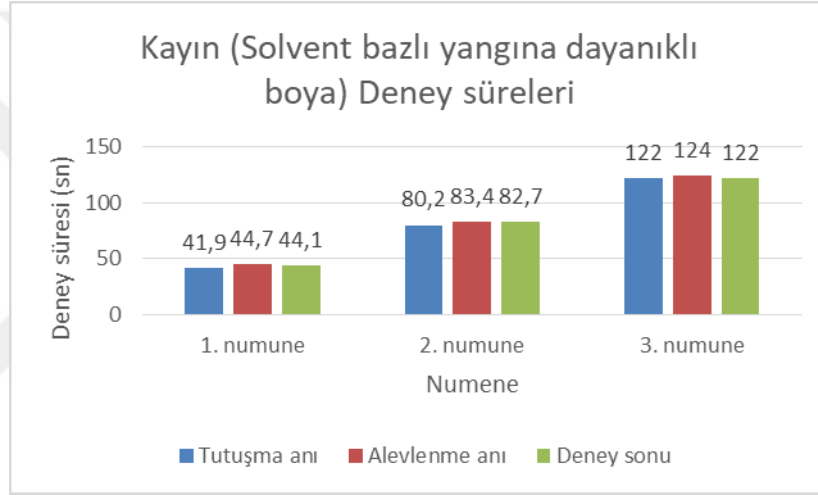
Şekil 4.31. Kayın su bazlı yangına dayanıklı ahşap deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.16. Kayın solvent bazlı yangına dayanıklı boya ahşap malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	KAYIN (KYNSV)													
	DENEY	Birim	SOLVENT BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA											
			1. NUMUNE (KYNSV1)				2. NUMUNE (KYNSV2)				3. NUMUNE (KYNSV3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³
İLK EBAT	mm	90	259	62	144,522	89	260	64	148,096	90	259	60	139,86	144,16
SON EBAT	mm	89	259	61	140,611	89	260	63	145,782	88	259	59	134,4728	140,29
İLK AĞIRLIK	gr	1017,5				941,2				959,2				339,17
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	1009,5				928				957,1				
SON AĞIRLIK	gr	977,4				893,8				934,3				935,17
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	40,1				47,4				24,9				37,47
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	7,040451				6,355				6,858				6,75
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	6,951087				6,131				6,948				6,68
ISI DERECEŚİ	°C	1000				910,4				895,5				935,30
TUTUŞMA ANI	saniye	41,9				44,7				44,1				43,57
ALEVLENME ANI	saniye	80,2				83,4				82,7				82,10
YANMA SÜRE FARKI	saniye	38,3				38,7				38,6				38,53
DENEY SONU	saniye	122				124				122				122,67
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														



Şekil 4.32. Kayın solvent bazlı yangına dayanıklı ahşap deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



Şekil 4.33. Kayın solvent bazlı yangına dayanıklı ahşap deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

OSB (Oriented Strand Board) Türkçe adı ile yönlendirilmiş yonga levha, ahşap şeritlerin yapıştırıcılar eklenerek belirli yönde sıkıştırılması yoluyla oluşturulmuş dayanıklı ahşap ürünüdür. En yaygın kullanımları duvarlar, döşemeler ve çatılardaki mantolama işlemindedir. OSB aynı zamanda mobilya üretiminde de kullanılabilir (Batı karadeniz kalkınma ajansı, 2022).

Deneyde kullanılan ham OSB ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu $6,10 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $5,64 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında $20,10 \text{ gram}$ ağırlık, $0,46 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı ve $4,17 \text{ cm}^3$ hacim artışı görülmüştür. $918,43^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi $124,67$ saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı $8,37$. saniyede alev alma anı ise 19 . saniyede gerçekleşmiştir.

Bor katkılı yangına dayanıklı OSB ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu $5,67 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $5,26 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında malzemede uygulanan boyanın et kalınlığından kaynaklı malzeme hacmi $8,33 \text{ cm}^3$ artmış bunun yanında deney sonunda malzemede $0,41 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk ve $0,27$ gram ağırlık kaybı görülmüştür. $902,83^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 125 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 54,80. saniyede alev alma anı ise 81,27. saniyede gözlemlenmemiştir.

Su bazlı yangına dayanıklı OSB ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu $5,73 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $5,77 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında $4,30$ gram ağırlık kaybı ve $0,4 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk artışı görülmüştür. $934,90^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 122,67 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 43,70. saniyede alev alma anı ise 61,40. saniyede gerçekleşmiştir.

Deneyde kullanılan solvent bazlı yangına dayanıklı OSB ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu $5,94 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $5,99 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında $4,87$ gram ağırlık kaybı ve yoğunluğunda $0,5 \text{ g/cm}^3$ artma meydana gelmiştir. $914,97^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi 122,33 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 42. saniyede alev alma anı ise 61. saniyede gerçekleşmiştir.

OSB ham ahşap kompozit malzemesini $934,90$ derecede deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 35,33 saniye, alev alma süresinde ise 42,4 saniye gecikme görülmüştür.

OSB ham ahşap kompozit malzemesini, $902,83$ derecede deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 46,43 saniye, alev alma ise 62,27 saniye gecikme görülmüştür.

OSB ham ahşap kompozit malzemesini, $914,97$ derecede deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 33,63 saniye, alev alma süresinde ise 42 saniye gecikme görülmüştür.

OSB ham ahşap kompozit malzemesini, ortalama $934,90$ derecede deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla

kıyasladığımızda su bazlı yangına dayanıklı boyanın 15,8 gram ağırlık kaybını engellediği görülmüştür.

OSB ham ahşap malzemesini, ortalama 902,83 derecede deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda bor bazlı yangına dayanıklı boyanın malzeme ağırlığını arttırarak 20,37 gram ağırlık ve 0,5 g/cm³ yoğunluk kaybını engellediği görülmüştür.

OSB ham ahşap malzemesini, ortalama 914,97 derecede deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda solvent bazlı yangına dayanıklı boyanın 15,23 gram ağırlık kaybını engellediği görülmüştür.

Belirtilen sayısal veriler ortalama değerlerdir.

Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda OSB ahşap kompozit malzemesi için yapılan deneyde en iyi dayanımı veren boya sırasıyla;

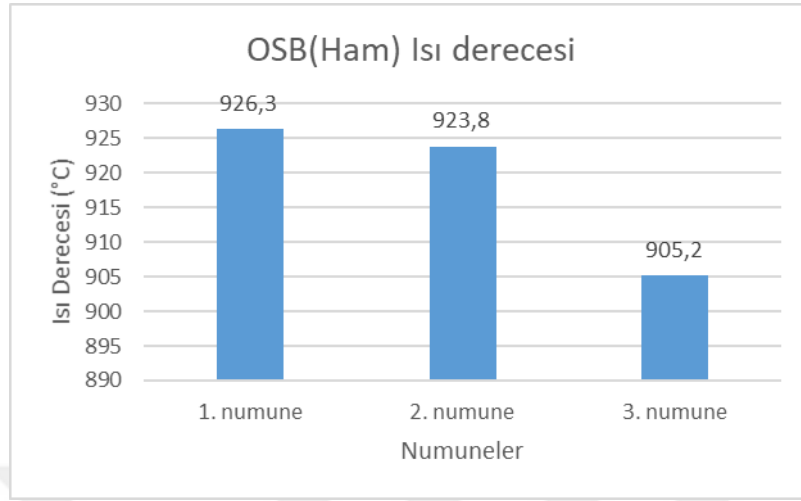
1. Bor katkılı yangına dayanıklı boya
2. Su bazlı yangına dayanıklı boya
3. Solvent bazlı yangına dayanıklı boya şeklinde belirlenmiştir.

Tablo 4.17. OSB ham ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

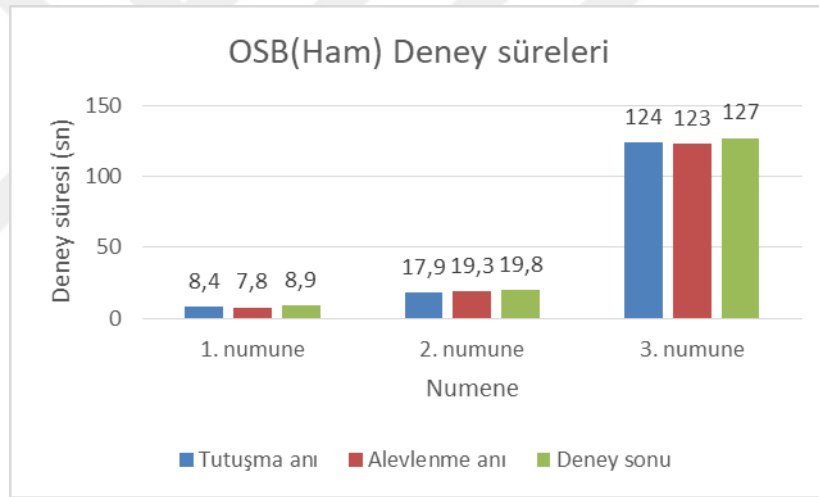
DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	OSB (OSH)													
	Birim	HAM												
		1. NUMUNE (OSH1)				2. NUMUNE (OSH2)				3. NUMUNE (OSH3)				Ortalama
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	
İLK EBAT	mm	250	250	15	93,75	250	250	15	93,75	250	250	15	93,75	93,75
SON EBAT	mm	250	250	15	93,75	250	250	16	100	250	250	16	100	97,92
İLK AĞIRLIK	gr		557,9			576,1				581,2				185,97
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr													
SON AĞIRLIK	gr		537,2			556,8				560,9				551,63
AĞIRLIKLAR FARKI	gr		20,7			19,3				20,3				20,10
İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³		5,950933333			6,145				6,199				6,10
SON YOĞUNLUK	gr/cm ³		5,730133333			5,568				5,609				5,64
İSİ DERECE	°C		926,3			923,8				905,2				918,43
TUTUŞMA ANI	saniye		8,4			7,8				8,9				8,37
ALEVLENME ANI	saniye		17,9			19,3				19,8				19,00
YANMA SÜRE FARKI	saniye		9,5			11,5				10,9				10,63
DENEY SONU	saniye		124			123				127				124,67
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														

Alev alma sürelerinin yüzey alanına bağlı olarak ahşap kompozit malzemelerin ahşap malzemelere göre daha erken gerçekleştiği ve boya malzemelerinin deney

malzemelerine iyi bir şekilde etki edilebilmeleri için yüzey pürüzsüzlüğünün önemli olduğu anlaşılmıştır.



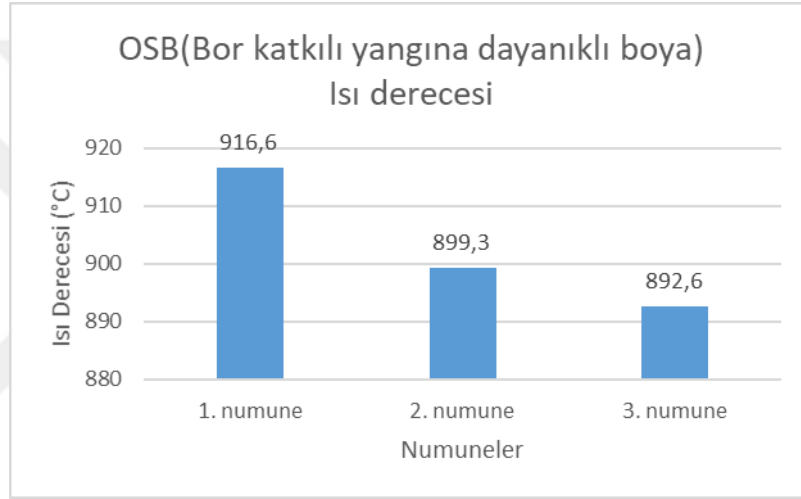
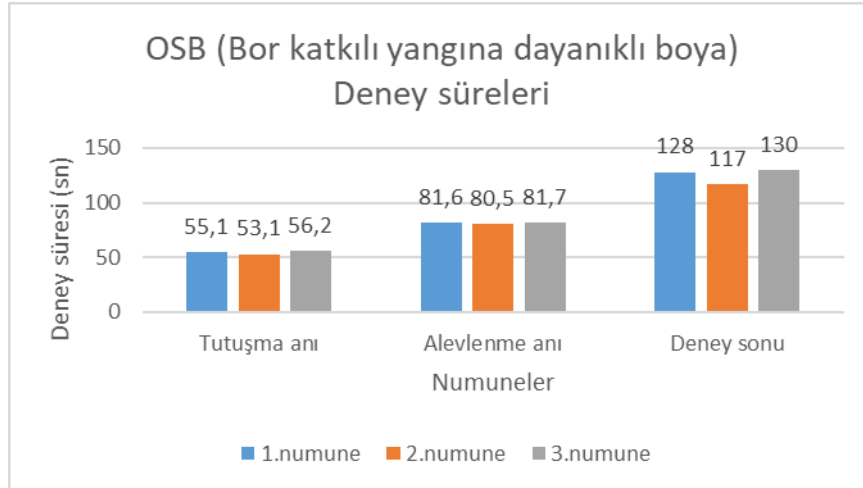
Şekil 4.34. OSB ham ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



Şekil 4.35. OSB ham ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

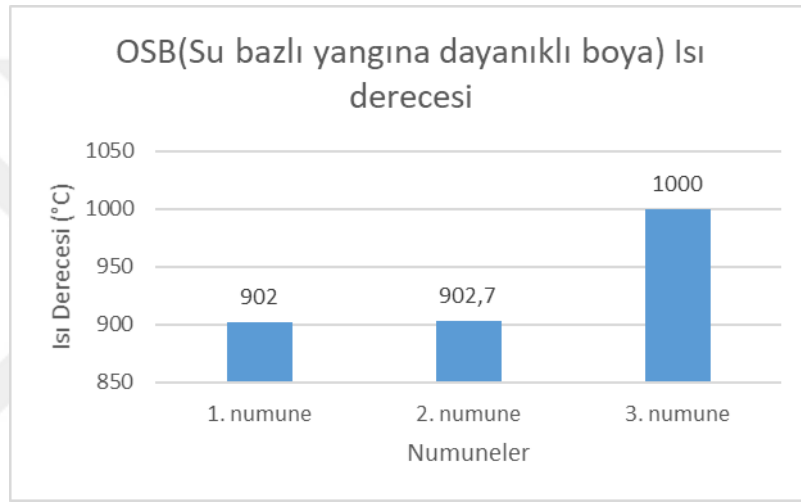
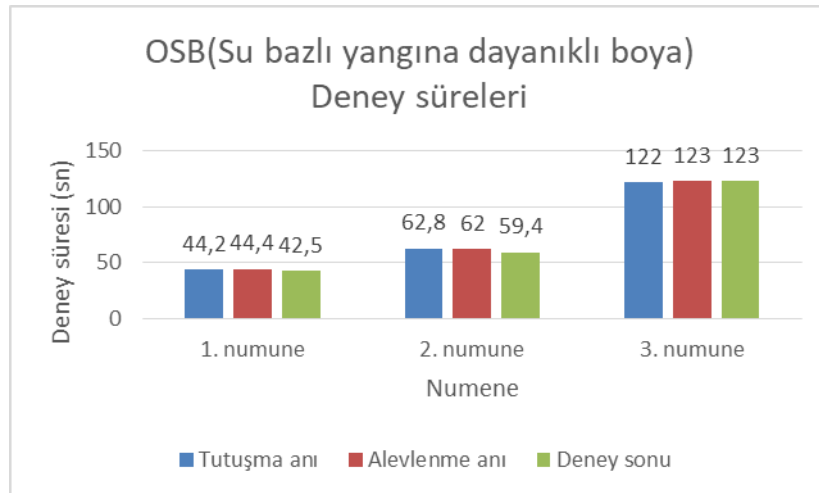
Tablo 4.18. OSB bor katkılı yangına dayanıklı ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	OSB (OSB)													
	DENEY	Birim	BOR KATKILI YANGINA DAYANIKLI BOYA											
			1. NUMUNE (OSB1)				2. NUMUNE (OSB2)				3. NUMUNE (OSB3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³
İLK EBAT	mm		250	250	18	112,5	250	250	16	100	250	250	17	106,25
SON EBAT	mm		250	250	18	112,5	250	250	18	112,5	250	250	19	118,75
İLK AĞIRLIK	gr		625,3				567,7				613			
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr		643,5				592,3				632,4			
SON AĞIRLIK	gr		624,8				568,2				613,8			
AĞIRLIKLAR FARKI	gr		0,5				-0,5				-0,8			
İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³		5,58222				5,677				5,769			
SON YOĞUNLUK	gr/cm ³		5,53778				5,051				5,169			
İSİ DERECESESİ	°C		916,6				899,3				892,6			
TUTUŞMA ANI	saniye		55,1				53,1				56,2			
ALEVLENME ANI	saniye		81,6				80,5				81,7			
YANMA SÜRE FARKI	saniye		26,5				27,4				25,5			
DENEY SONU	saniye		128				117				130			
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ			Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														

**Şekil 4.36.** OSB bor katkılı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri**Şekil 4.37.** OSB bor katkılı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

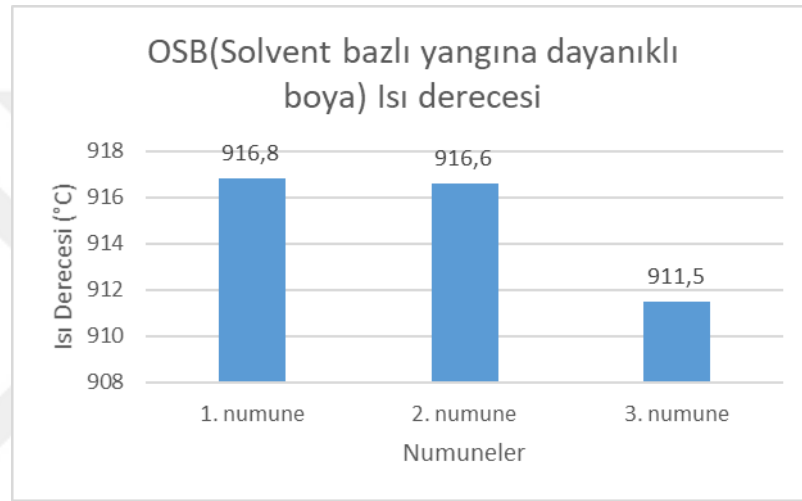
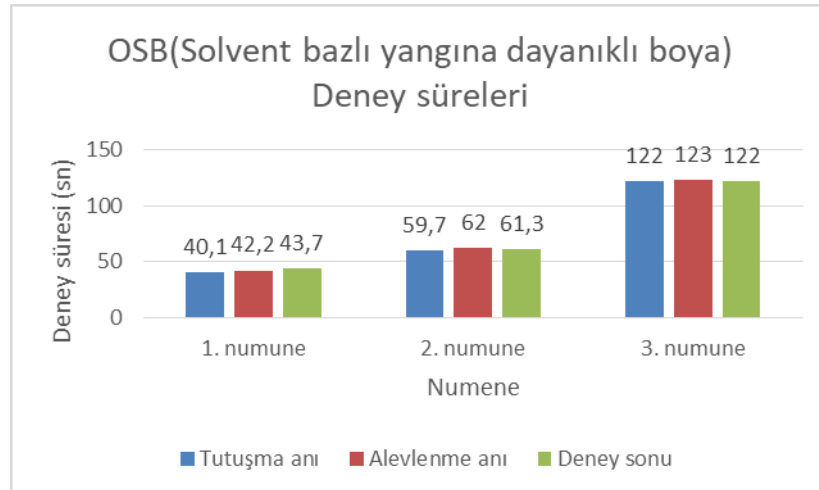
Tablo 4.19. OSB su bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	OSB (OSS)													
	DENEY	Birim	SU BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA											
			1. NUMUNE (OSS1)				2. NUMUNE (OSS2)				3. NUMUNE (OSS3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³
İLK EBAT	mm		250	250	17	106,25	250	250	16	100	250	250	16	100
SON EBAT	mm		250	250	17	106,25	250	250	16	100	250	250	16	100
İLK AĞIRLIK	gr		563,5				595,8				592,1			
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr		585,9				618,6				606,2			
SON AĞIRLIK	gr		564,8				600,6				598,9			
AĞIRLIKLAR FARKI	gr		-1,3				-4,8				-6,8			
İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³		5,303529				5,958				5,921			
SON YOĞUNLUK	gr/cm ³		5,315765				6,006				5,989			
ISI DERECESESİ	°C		902				902,7				1000			
TUTUŞMA ANI	saniye		44,2				44,4				42,5			
ALEVLENME ANI	saniye		62,8				62				59,4			
YANMA SÜRE FARKI	saniye		18,6				17,6				16,9			
DENEY SONU	saniye		122				123				123			
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ			Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														

**Şekil 4.38.** OSB su bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri**Şekil 4.39.** OSB su bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.20. OSB solvent bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	OSB (OSV)													
	DENEY	Birim	SOLVENT BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA											
			1. NUMUNE (OSV1)				2. NUMUNE (OSV2)				3. NUMUNE (OSV3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³
İLK EBAT	mm	250	250	16	100	250	250	15	93,75	249	250	15	93,375	95,71
SON EBAT	mm	250	250	16	100	250	250	15	93,75	249	250	15	93,375	95,71
İLK AĞIRLIK	gr	566,5				576,3				559,6				188,83
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	589,4				598				579,1				
SON AĞIRLIK	gr	572,6				582,6				561,8				572,33
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	-6,1				-6,3				-2,2				-4,87
İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³	5,665				6,147				5,993				5,94
SON YOĞUNLUK	gr/cm ³	5,726				6,214				6,017				5,99
ISI DERECESESİ	°C	916,8				916,6				911,5				914,97
TUTUŞMA ANI	saniye	40,1				42,2				43,7				42,00
ALEVLENME ANI	saniye	59,7				62				61,3				61,00
YANMA SÜRE FARKI	saniye	19,6				19,8				17,6				19,00
DENEY SONU	saniye	122				123				122				122,33
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ	Termal Tutuşma Alev Alma Dene başı ve sonu Termal Tutuşma Alev Alma Dene başı ve sonu Termal Tutuşma Alev Alma Dene başı ve sonu													
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														

**Şekil 4.40.** OSB solvent bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri**Şekil 4.41.** OSB solvent bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

MDF Orta yoğunluklu lif levha olarak da bilinen MDF (Medium-Density Fibreboard) sert veya yumuşak ağaç artıklarının defibratör yardımı ile ağaç liflerine ayrıştırılmasının ardından mum ve reçine bağlayıcı ile birleştirilmesi yoluyla elde edilen ahşap ürünüdür. MDF genelde kontrplaktan daha yoğundur. Kontrplak ile benzer yapıdadır. OSB'den daha güçlü ve yoğundur. MDF neme dayanıklılığı az olduğu için gelende iç mekân uygulamalarında sık kullanılır. MDF'nin yüksek kullanımı sonucu zamanla kuru işlem görmüş ahşap levhalar için genel isim haline gelmiştir (Batı karadeniz kalkınma ajansı, 2022).

Deneyde kullanılan ham MDF ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu $7,25 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $6,58 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında $21,27 \text{ gram}$ ağırlık, $0,67 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı ve $8,4 \text{ cm}^3$ hacim artışı görülmüştür. 912°C gerçekleşen deneyde deney süresi 123 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı $10,63$. saniyede alev alma anı ise $19,30$. saniyede gerçekleşmiştir.

Bor katkılı yangına dayanıklı MDF ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu $7,23 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $6,67 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında malzemede uygulanan boyanın et kalınlığından kaynaklı malzeme hacmi $14,7 \text{ cm}^3$ ve ağırlığı ise $33,73 \text{ gram}$ artmış bunun yanında deney sonunda malzemede $0,56 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $899,03^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi $125,33 \text{ saniye}$ sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı $56,73$. saniyede alev alma anı ise $83,43$. saniyede gözlemlenmemiştir.

Su bazlı yangına dayanıklı MDF ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu $7,26 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $6,76 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında $8,4 \text{ cm}^3$ hacim artışı, $1,17 \text{ gram}$ ağırlık ve $0,50 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $933,23^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi $122,67 \text{ saniye}$ sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı $37,07$. saniyede alev alma anı ise $58,97$. saniyede gerçekleşmiştir.

Deneyde kullanılan solvent bazlı yangına dayanıklı MDF ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu $3,27 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $7,14 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında $3,27 \text{ gram}$ ağırlık kaybı görülmüş, yoğunluğunda $3,87 \text{ g/cm}^3$ ve hacminde ise $8,4 \text{ cm}^3$ artma meydana gelmiştir. 1000°C gerçekleşen deneyde deney

süresi 122,33 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 35,43. saniyede alev alma anı ise 56,33. saniyede gerçekleşmiştir.

MDF ham ahşap kompozit malzemesini 933,23 derecede deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 26,44 saniye, alev alma süresinde ise 39,67 saniye gecikme görülmüştür.

MDF ham ahşap kompozit malzemesini, 899,03 derecede deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 46,1 saniye, alev alma ise 64,13 saniye gecikme görülmüştür.

MDF ham ahşap kompozit malzemesini, 1000 derecede deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 24,8 saniye, alev alma süresinde ise 37,03 saniye gecikme görülmüştür.

MDF ham ahşap kompozit malzemesini, ortalama 933,23 derecede deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda su bazlı yangına dayanıklı boyanın 20,10 gram ağırlık 0,17 g/cm³ yoğunluk kaybını engellediği görülmüştür.

MDF ham ahşap malzemesini, ortalama 899,03 derecede deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda bor bazlı yangına dayanıklı boyanın malzeme ağırlığını arttırarak 55 gram ağırlık ve 0,11 g/cm³ yoğunluk kaybını engellediği görülmüştür.

MDF ham ahşap malzemesini, ortalama 1000 derecede deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda solvent bazlı yangına dayanıklı boyanın 18 gram ağırlık kaybını engellediği görülmüştür.

Belirtilen sayısal veriler ortalama değerlerdir.

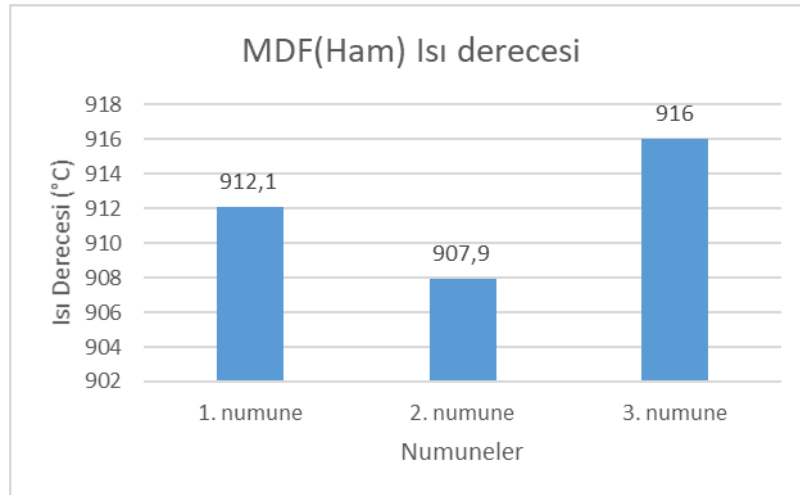
Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda OSB ahşap kompozit malzemesi için yapılan deneyde en iyi dayanımı veren boya sırasıyla;

1. Bor katkılı yangına dayanıklı boya
2. Su bazlı yangına dayanıklı boya
3. Solvent bazlı yangına dayanıklı boya şeklinde belirlenmiştir.

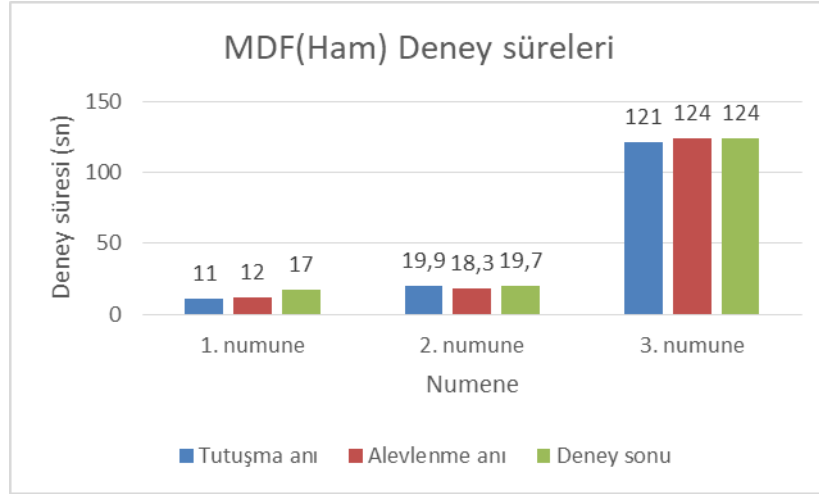
Tablo 4.21. MDF ham ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	MDF (MDH)														
DENEY	Birim	HAM												Ortalama	
		1. NUMUNE (MDH1)				2. NUMUNE (MDH2)				3. NUMUNE (MDH3)					
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³		
İLK EBAT	mm	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	113,40	
SON EBAT	mm	251	251	20	126,002	251	251	19	119,7019	251	251	19	119,7019	121,80	
İLK AĞIRLIK	gr	818,9				829,9				819,3				272,97	
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr														
SON AĞIRLIK	gr	797,7				808,7				797,9				801,43	
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	21,2				21,2				21,4				21,27	
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	7,221225765				7,318				7,225				7,25	
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	6,330851891				6,756				6,666				6,58	
ISI DERECESİ	°C	912,1				907,9				916				912,00	
TUTUŞMA ANI	saniye	11				10,2				10,7				10,63	
ALEVLENME ANI	saniye	19,9				18,3				19,7				19,30	
YANMA SÜRE FARKI	saniye	8,9				8,1				9				8,67	
DENEY SONU	saniye	121				124				124				123,00	
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu			
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)															

Tüm kompozit malzemelerde ahşap malzemelere oranla daha hızlı alev alma tespit edilmiştir. Ham haldeki ahşap kompozitlerde siyah duman tespit edilmiştir. Deney sırasında ve sonrasında hissedilen kokunun diğerlerine oranla daha yoğun olduğu görülmüştür.



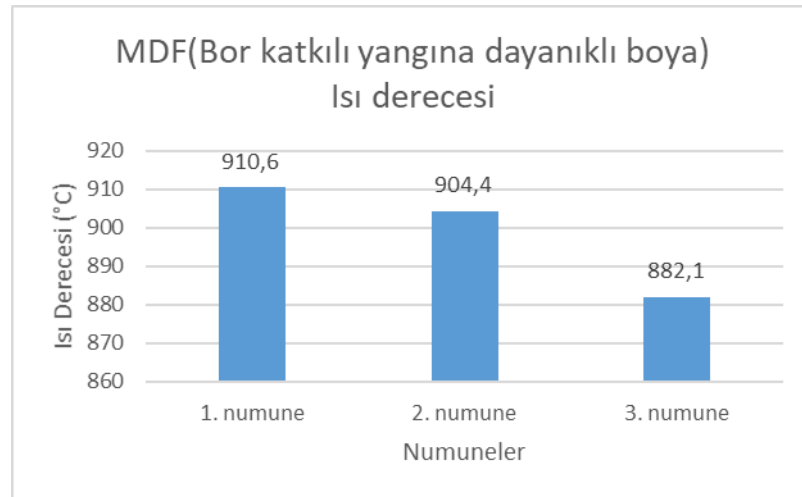
Şekil 4.42. MDF ham ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



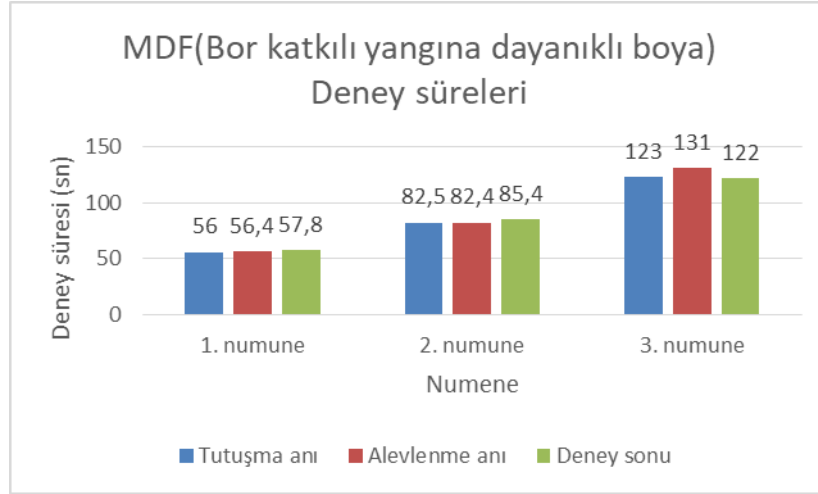
Şekil 4.43. MDF ham ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.22. MDF bor katkılı yangına dayanıklı ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	MDF (MDB)													
	DENEY	Birim	BOR KATKILI YANGINA DAYANIKLI BOYA											
			1. NUMUNE (MDB1)				2. NUMUNE (MDB2)				3. NUMUNE (MDB3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³
	ILK EBAT	mm	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018
	SON EBAT	mm	251	251	20	126,002	251	251	21	132,3021	251	251	20	126,002
	ILK AĞIRLIK	gr	820				821,8				819,4			
	BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	841,6				886,5				874,2			
	SON AĞIRLIK	gr	826,2				874,1				862,1			
	AĞIRLIKLAR FARKI	gr	-6,2				-52,3				-42,7			
	ILK YOĞUNLUK	gr/cm ³	7,2309258				7,2468				7,2256			
	SON YOĞUNLUK	gr/cm ³	6,5570388				6,6068				6,842			
	ISI DERECESESİ	°C	910,6				904,4				882,1			
	TUTUŞMA ANI	saniye	56				56,4				57,8			
	ALEVLENME ANI	saniye	82,5				82,4				85,4			
	YANMA SÜRE FARKI	saniye	26,5				26				27,6			
	DENEY SONU	saniye	123				131				122			
	GORÜNTÜLERİN ANALİZİ	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Dene başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Dene başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Dene başı ve sonu	
	DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)													



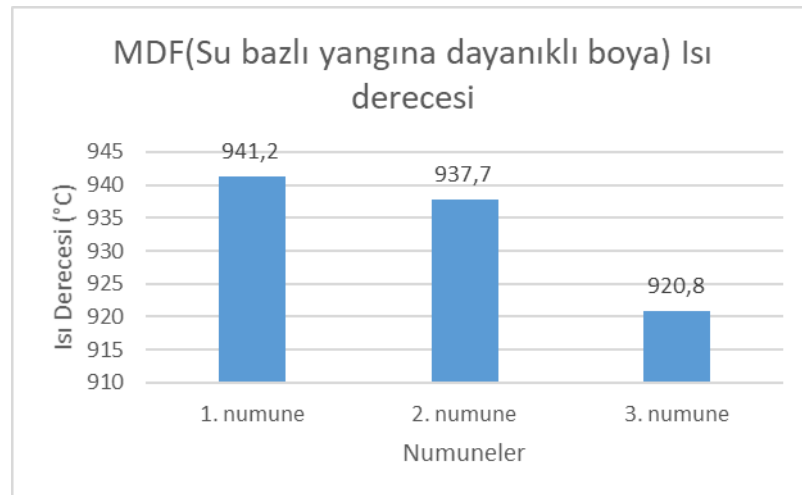
Şekil 4.44. MDF bor katkılı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



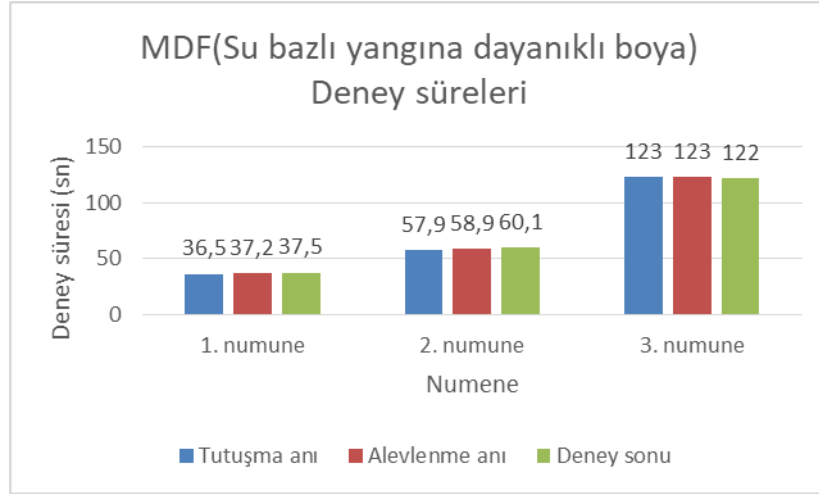
Şekil 4.45. MDF bor katkılı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.23. MDF su bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	MDF (MDS)													
	DENEY	Birim	SU BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA											
			1. NUMUNE (MDS1)				2. NUMUNE (MDS2)				3. NUMUNE (MDS3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³
İLK EBAT	mm	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	113,40
SON EBAT	mm	251	251	20	126,002	251	251	19	119,7019	251	251	19	119,7019	121,80
İLK AĞIRLIK	gr	824,8					820,7				825			274,93
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	846,6					838,5				842,6			
SON AĞIRLIK	gr	823					819,8				824,2			822,33
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	1,8					0,9				0,8			1,17
İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³	7,2732532					7,2371				7,275			7,26
SON YOĞUNLUK	gr/cm ³	6,5316424					6,8487				6,8854			6,76
ISI DERECEŚİ	°C	941,2					937,7				920,8			933,23
TUTUŞMA ANI	saniye	36,5					37,2				37,5			37,07
ALEVLENME ANI	saniye	57,9					58,9				60,1			58,97
YANMA SÜRE FARKI	saniye	21,4					21,7				22,6			21,90
DENEY SONU	saniye	123					123				122			122,67
GORÜNTÜLERİN ANALİZİ	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu		
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														



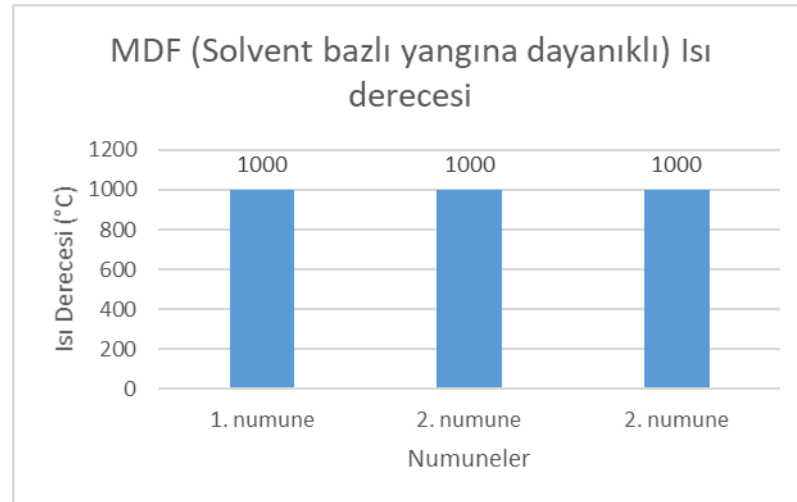
Şekil 4.46. MDF su bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



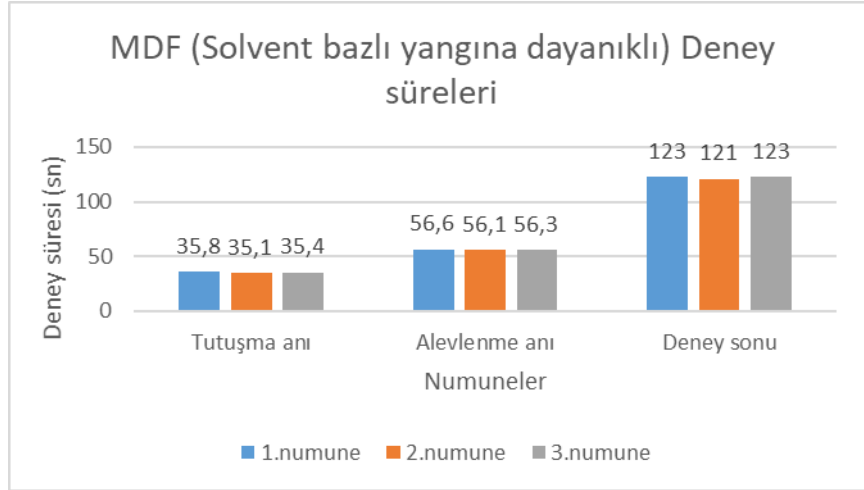
Şekil 4.47. MDF su bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Tablo 4.24. MDF solvent bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER		MDF (MDV)														
DENEY	Birim	SOLVENT BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA												Ortalama		
		1. NUMUNE (MDV1)				2. NUMUNE (MDV2)				3. NUMUNE (MDV3)						
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³			
İLK EBAT	mm	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	113,40		
SON EBAT	mm	251	251	20	126,002	251	251	19	119,7019	251	251	19	119,7019	121,80		
İLK AĞIRLIK	gr	813,8				801,3				813,5				271,27		
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	827,7				818,5				826,8						
SON AĞIRLIK	gr	809				799,1				810,7				806,27		
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	4,8				2,2				2,8				3,27		
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	7,176253				7,066				7,174				7,14		
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	6,420533				6,676				6,773				6,62		
ISI DERECESESİ	°C	1000				1000				1000				1000,00		
TUTUŞMA ANI	saniye	35,8				35,1				35,4				35,43		
ALEVLENME ANI	saniye	56,6				56,1				56,3				56,33		
YANMA SÜRE FARKI	saniye	20,8				21				20,9				20,90		
DENEY SONU	saniye	123				121				123				122,33		
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu				
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)																



Şekil 4.48. MDF solvent bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



Şekil 4.49. MDF solvent bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu süreleri

Sunta, diğer ismi ile LDF (Low Density Fibreboard) inşaat ve mobilya sektöründe kullanılan ahşap ürünüdür. Sunta yapı bakımından MDF 'ye benzer ancak MDF daha sert ve güçlüdür. Bunun sebebi ise yüksek oranda sıkıştırılmış ağaç liflerinden yapılmasıdır. Suntanın yoğunluğu 500 kg/m^3 ve üstüdür. Liflerin bağlanması için ek yapıştırıcı gerekmez. Ağaç liflerini birbirlerine yapıştırmak için kendi yapılarında bulunan lignin yeterlidir. Sunta, ıslak ve kuru işlem olmak üzere 2 farklı yöntemle üretilir (Batı karadeniz kalkınma ajansı, 2022).

Deneyde kullanılan ham sunta ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu $6,95 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $6,74 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında $23,27 \text{ gram}$ ağırlık, $0,21 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $907,67^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi $122,33$ saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı $12,73$. saniyede alev alma anı ise $23,13$. saniyede gerçekleşmiştir.

Bor katkılı yangına dayanıklı ham sunta ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu $7,02 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $6,34 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında malzeme hacmi $12,6 \text{ cm}^3$, ağırlığı ise $2,57 \text{ gram}$ artmış bunun yanında $0,68 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk kaybı görülmüştür. $884,60^\circ\text{C}$ gerçekleşen deneyde deney süresi $122,67$ saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı $56,17$. saniyede alev alma anı ise $78,60$. saniyede gözlemlenmemiştir.

Su bazlı yangına dayanıklı ham sunta ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu $6,88 \text{ g/cm}^3$ deney sonrası yoğunluğu ise $6,81 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Deney sonrasında

0,15 cm³ hacim artışı, 7,10 gram ağırlık ve 0,7 g/cm³ yoğunluk kaybı görülmüştür. 925,23°C gerçekleşen deneyde deney süresi 122,67 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 38,17. saniyede alev alma anı ise 57,10. saniyede gerçekleşmiştir.

Deneyde kullanılan solvent bazlı yangına dayanıklı ham sunta ahşap kompozit malzemesinin ilk yoğunluğu 6,84 g/cm³ deney sonrası yoğunluğu ise 6,42 g/cm³'dür. Deney sonrasında malzeme ağırlığında 6,30 gram, yoğunluğunda ise 0,42 g/cm³ azalma görülmüştür. Deney sonrası malzeme hacminde ise 6,30 cm³ artma meydana gelmiştir. 1000°C gerçekleşen deneyde deney süresi 121,67 saniye sürmüştür. Deney esnasında tutuşma anı 37,37. saniyede alev alma anı ise 53,60. saniyede gerçekleşmiştir.

Ham sunta ahşap kompozit malzemesini 925,23 derecede deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 25,44 saniye, alev alma süresinde ise 33,97 saniye gecikme görülmüştür.

Ham sunta ahşap kompozit malzemesini, 884,60 derecede deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 43,44 saniye, alev alma ise 55,47 saniye gecikme görülmüştür.

Ham sunta ahşap kompozit malzemesini, 1000 derecede deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda tutuşma süresinde 24,64 saniye, alev alma süresinde ise 30,47 saniye gecikme görülmüştür.

Sunta ham ahşap kompozit malzemesini, ortalama 925,23 derecede deneyi gerçekleştirilen su bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda su bazlı yangına dayanıklı boyanın 16,17 gram ağırlık 0,14 g/cm³ yoğunluk kaybını engellediği görülmüştür.

Sunta ham ahşap malzemesini, ortalama 884,60 derecede deneyi gerçekleştirilen bor bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda bor bazlı yangına dayanıklı boyanın malzeme ağırlığını arttırarak 25,84 gram ağırlık kaybını engellediği görülmüştür.

Sunta ham ahşap malzemesini, ortalama 1000 derecede deneyi gerçekleştirilen solvent bazlı yangına dayanıklı boya malzemesinin sonuçlarıyla kıyasladığımızda solvent bazlı yangına dayanıklı boyanın 16,97 gram ağırlık kaybını engellediği görülmüştür.

Belirtilen sayısal veriler ortalama değerlerdir.

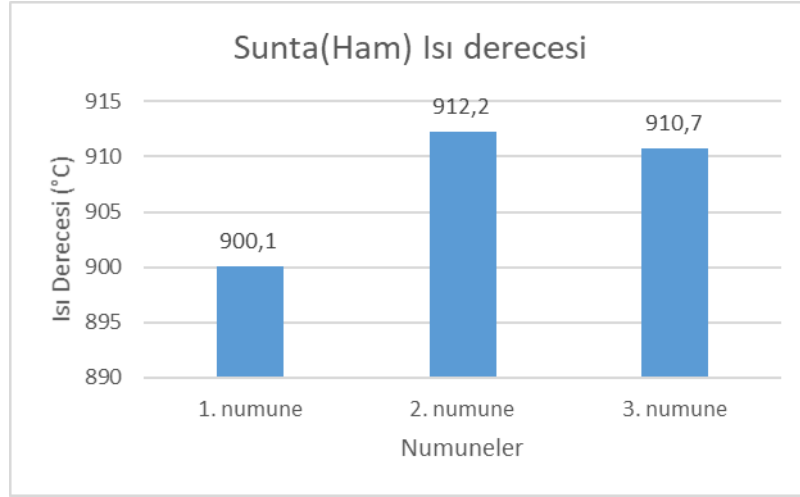
Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda OSB ahşap kompozit malzemesi için yapılan deneyde en iyi dayanımı veren boya sırasıyla;

1. Bor katkılı yangına dayanıklı boya
2. Su bazlı yangına dayanıklı boya
3. Solvent bazlı yangına dayanıklı boya şeklinde belirlenmiştir.

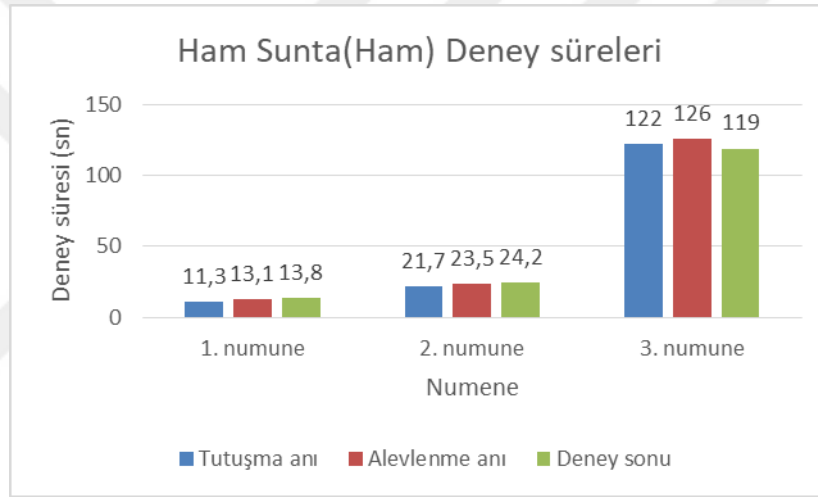
Tablo 4.25. Ham sunta ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER		HAM SUNTA (HSH)												
DENEY	Birim	HAM												Ortalama
		1. NUMUNE (HSH1)				2. NUMUNE (HSH2)				3. NUMUNE (HSH3)				
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	
İLK EBAT	mm	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	113,40
SON EBAT	mm	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	113,40
İLK AĞIRLIK	gr	796,7				781,6				784,6				265,57
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr													
SON AĞIRLIK	gr	775,3				758,5				759,3				764,37
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	21,4				23,1				25,3				23,27
İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³	7,025461677				6,8923				6,9188				6,95
SON YOĞUNLUK	gr/cm ³	6,83675215				6,6886				6,6957				6,74
ISI DERECESE	°C	900,1				912,2				910,7				907,67
TUTUŞMA ANI	saniye	11,3				13,1				13,8				12,73
ALEVLENME ANI	saniye	21,7				23,5				24,2				23,13
YANMA SÜRE FARKI	saniye	10,4				10,4				10,4				10,40
DENEY SONU	saniye	122				126				119				122,33
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Dene başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Dene başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Dene başı ve sonu	
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														

Yangına dayanıklı bor katkılı boya malzemesinin deney esnasında ısıya karşı şişerek tepki verdiği tespit edilmiştir.



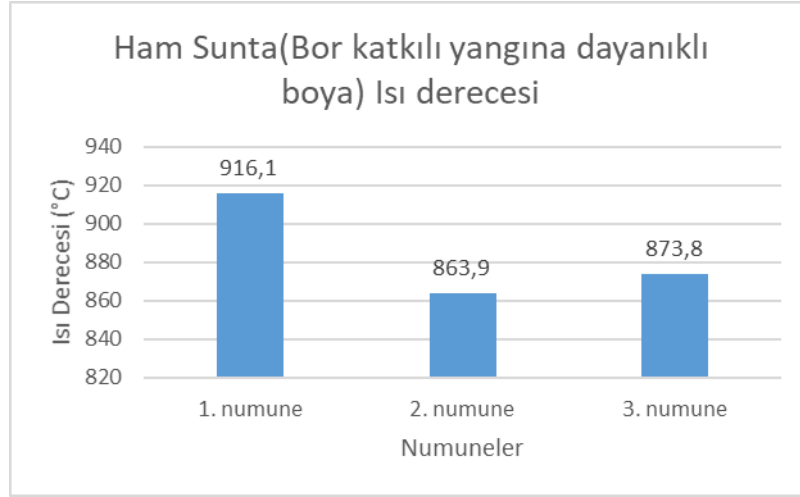
Şekil 4.50. Ham sunta ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



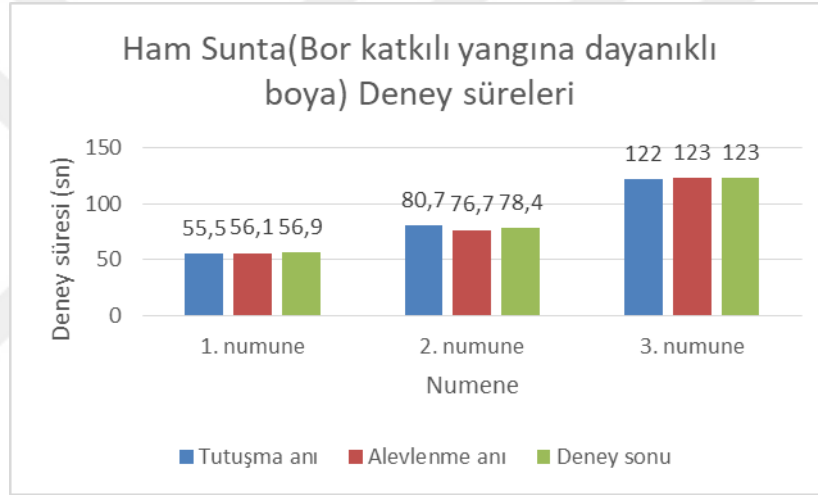
Şekil 4.51. Ham sunta ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu

Tablo 4.26. Ham sunta bor katkılı yangına dayanıklı ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	HAM SUNTA (HSB)													
	DENEY	Birim	BOR KATKILI YANGINA DAYANIKLI BOYA											
			1. NUMUNE (HSB1)				2. NUMUNE (HSB2)				3. NUMUNE (HSB3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³
İLK EBAT	mm	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	113,40
SON EBAT	mm	251	251	20	126,002	251	251	20	126,002	251	251	20	126,002	126,00
İLK AĞIRLIK	gr	776,1				817,4				793,9				258,70
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	797,7				837				808,9				
SON AĞIRLIK	gr	780,8				821,3				793				798,37
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	-4,7				-3,9				0,9				-2,57
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	6,8438067				7,208				7,0008				7,02
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	6,196727				6,5182				6,2936				6,34
ISI DERECESESİ	°C	916,1				863,9				873,8				884,60
TUTUŞMA ANI	saniye	55,5				56,1				56,9				56,17
ALEVLENME ANI	saniye	80,7				76,7				78,4				78,60
YANMA SÜRE FARKI	saniye	25,2				20,6				21,5				22,43
DENEY SONU	saniye	122				123				123				122,67
GORÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)														



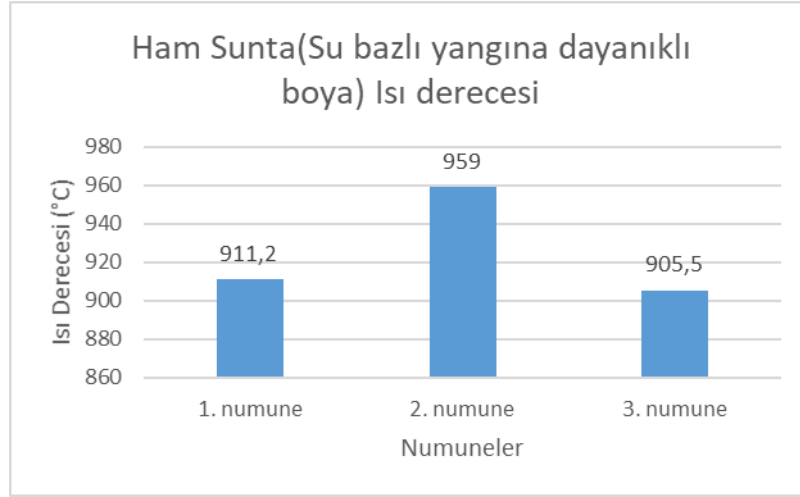
Şekil 4.52. Ham sunta bor katkılı yangına dayanıklı boya ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



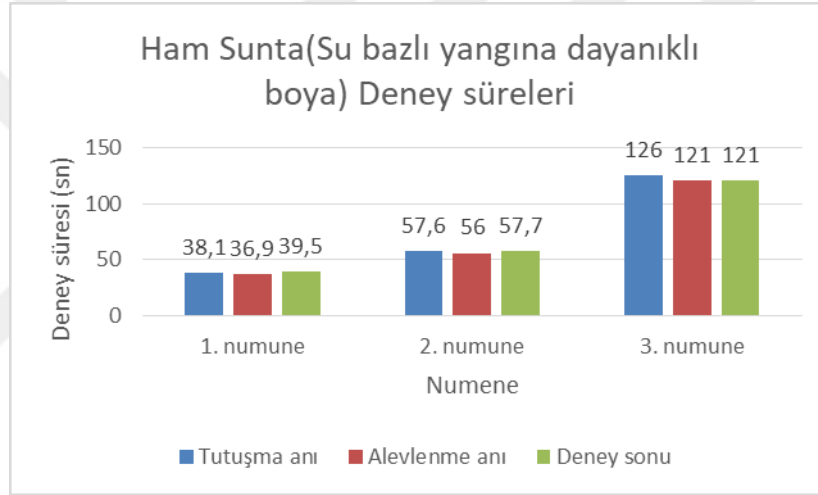
Şekil 4.53. Ham sunta bor katkılı yangına dayanıklı boya ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu

Tablo 4.27. Ham sunta su bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHŞAP MALZEMELER	HAM SUNTA (HSS)													
	DENEY	Birim	SU BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA											
			1. NUMUNE (HSS1)				2. NUMUNE (HSS2)				3. NUMUNE (HSS3)			
			En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm ³
	İLK EBAT	mm	251	251	18	113,4018	251	250	18	112,95	251	251	18	113,4018
	SON EBAT	mm	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018
	İLK AĞIRLIK	gr	765,4				799,6				773,1			
	BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	779,4				812,4				791,2			
	SON AĞIRLIK	gr	756,8				791,1				768,9			
	AĞIRLIKLAR FARKI	gr	8,6				8,5				4,2			
	İLK YOĞUNLUK	gr/cm ³	6,7494519				7,0792				6,8174			
	SON YOĞUNLUK	gr/cm ³	6,6736154				6,9761				6,7803			
	ISI DERECEŚİ	°C	911,2				959				905,5			
	TUTUŞMA ANI	saniye	38,1				36,9				39,5			
	ALEVLENME ANI	saniye	57,6				56				57,7			
	YANMA SÜRE FARKI	saniye	19,5				19,1				18,2			
	DENEY SONU	saniye	126				121				121			
	GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu
	DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)													



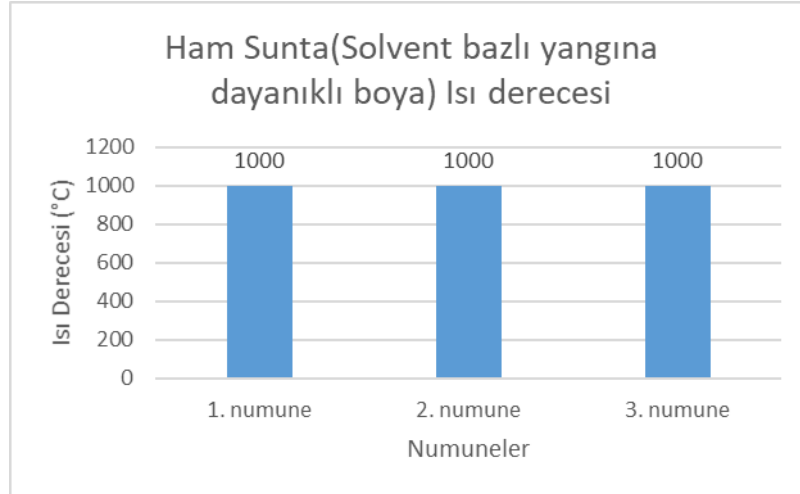
Şekil 4.54. Ham sunta su bazlı yangına dayanıklı boya ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



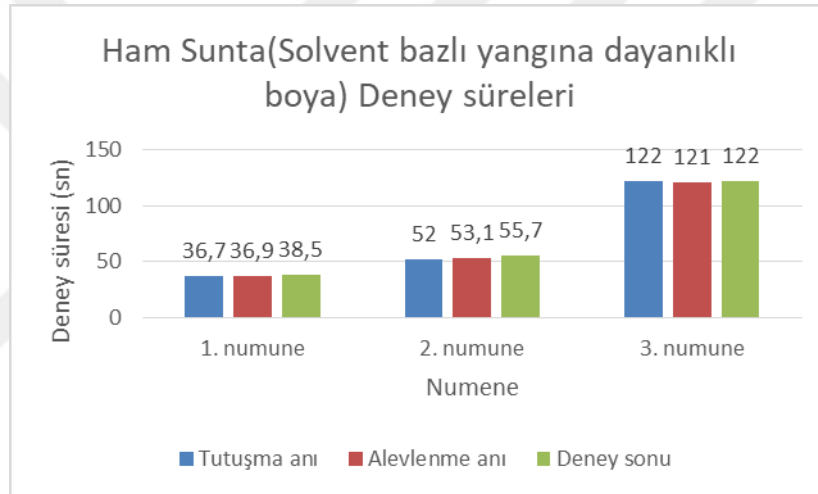
Şekil 4.55. Ham sunta su bazlı yangına dayanıklı boya ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu

Tablo 4.28. Ham sunta solvent bazlı yangına dayanıklı ahşap kompozit malzemesi için elde edilen veriler

DOĞAL AHSAP MALZEMELER		HAM SUNTA (HSV)													
DENEY	Birim	SOLVENT BAZLI YANGINA DAYANIKLI BOYA												Ortalama	
		1. NUMUNE (HSV1)				2. NUMUNE (HSV2)				3. NUMUNE (HSV3)					
		En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³	En	Boy	Kalınlık	Hacim cm³		
İLK EBAT	mm	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	251	251	18	113,4018	113,40	
SON EBAT	mm	251	251	19	119,7019	251	251	19	119,7019	251	251	19	119,7019	119,70	
İLK AĞIRLIK	gr	796,5				765,2				765,5				265,50	
BOYA SONRASI AĞIRLIK	gr	806,4				779,8				778,4					
SON AĞIRLIK	gr	786,5				757,7				760,9				768,37	
AĞIRLIKLAR FARKI	gr	10				7,5				4,6				7,37	
İLK YOĞUNLUK	gr/cm³	7,023698				6,7477				6,7503				6,84	
SON YOĞUNLUK	gr/cm³	6,5704889				6,3299				6,3566				6,42	
ISI DERECESESİ	°C	1000				1000				1000				1000,00	
TUTUŞMA ANI	saniye	36,7				36,9				38,5				37,37	
ALEVLENME ANI	saniye	52				53,1				55,7				53,60	
YANMA SÜRE FARKI	saniye	15,3				16,2				17,2				16,23	
DENEY SONU	saniye	122				121				122				121,67	
GÖRÜNTÜLERİN ANALİZİ		Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu	Termal	Tutuşma	Alev Alma	Deney başı ve sonu		
DENEY GÖRÜNTÜLERİ (Kamera görüntüleri)															



Şekil 4.56. Ham sunta solvent bazlı yangına dayanıklı boya ahşap kompozit deneyleri için ulaşılan maksimum ısı süreleri



Şekil 4.57. Ham solvent bazlı yangına dayanıklı boya ahşap kompozit deneyleri için tutuşma, alev alma ve deney sonu

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Sonuçlar, mobilya ve inşaat sektöründe çeşitli koruyucu tekniklerinin gelişimi ve tüm mekânlarda kullanılacak malzemeler üzerinde yangın geciktiricilerin önemini vurgulamaktadır. Yangına karşı alınabilecek önlemlerle yangının engellenmesi, geciktirilmesi veya yavaşlatılmasının mümkün olduğu sonucuna varılmıştır. Yangına karşı alınan koruma önlemlerine yüksek yangın riski taşıyan yapılardan başlanabilir.

Ahşap ve kompozit malzemelerin boyama işlemlerinin gerçekleştirilmesine saat 10:50'de başlanmış akşam 16:47'de son bulmuştur. Boyama işleminin ardından deney malzemelerinin deneysel çalışmaları 2 iş günü içinde tamamlanmış ve deney malzemelerinin son halleri Şekil 5.1 ve 5.2 de verilmiştir.



Şekil 5.1: Ahşap deney malzemelerinin deney sonrası görünümü



Şekil 5.2: Ahşap deney malzemelerinin deney sonrası görünümü

Malzemelerin tutuşma süreleri ve alev alma sürelerinin esas alınmasıyla dayanıklılık açısından en iyi sonucu veren boya malzemesinin ahşap malzemelerde sırasıyla;

- 1-Borpoint bor katkılı boya
- 2-Solvent bazlı yangına dayanıklı boya
- 3-Su bazlı yangına dayanıklı boya şeklinde olduğu,

ahşap kompozit malzemelerde ise;

- 1-Borpoint bor katkılı boya
- 2-Su bazlı yangına dayanıklı boya
- 3-Solvent bazlı yangına dayanıklı boya şeklinde olduğu anlaşılmıştır.

Yangına dayanıklı su ve solvent bazlı boyaların yapılan deneyde göstermiş oldukları dayanım performansları birbirine çok yakın olmakla beraber bor katkılı yangına dayanıklı boyanın hem ahşaplarda hem ahşap kompozitlerde dayanıklılık açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Boyanan ve ham halde bulunan ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin kıyaslanmasında ise, boya işlemine maruz bırakılan deney malzemelerinin boya görmemiş deney malzemelerine oranla ısıya dayanıklılık farklarının ahşap malzemede en az 27,4 ahşap kompozit malzemelerde ise en az 24,8 saniye olduğu görülmüştür. Bu fark aralığı kullanılan boya ve ahşap malzemesine göre değişiklik göstermektedir.

Bor katkılı yangına dayanıklı boya ile boyanmış ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin, boyanmamış hallerine oranla yanma yüzey alanlarında azalma görülmüştür. Farklı sürelerde aleve maruz bırakılan ahşap ve ahşap kompozit malzemelerde, alev uygulanma süresi artıkça yanma hacmi de artmıştır.

Kullanılan tüm boyalar hızlı kuruyan çabuk kıvam alan ve sertleşen boyalardır. Bunun nedeni izosiyeat bağlayıcısıdır. İzosiyeat bağlayıcısı bulunmuyorsa kıvam,

reçineyle de elde edilebilir. Bu sebeple sırasıyla su bazlı, solvent bazlı ve bor katkılı yangına dayanıklı boya malzemelerinin akışkanlık ve viskosite özellikleri daha fazladır.

Boyaların içeriğinde solvent veya su bazlı olmasının yakma işleminden önce ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin boyanmasının ardından kuruma süreleri yönünden farklılık gösterdiği bu anlamda su bazlı yangına dayanıklı boyanın solvent bazlı yangına dayanıklı boyaya göre daha hızlı kuruduğu gözlemlenmiştir.

Deneyde boyanmış ahşap ve ahşap kompozitlerin boyanmamış ahşap ve kompozitlere göre alev boyunda kısalma ve yanma yüzey alanında azalma tespit edilmiştir. Bor katkılı yangına dayanıklı boya ile boyanan ahşap ve ahşap kompozit malzemesi hariç diğer malzemelerde deney sonrası ağırlık kaybı görülmüştür. Bor katkılı yangına dayanıklı boyanın uygulanmasından sonra malzeme hacminde artma görülmüştür. Bu artış aynı zamanda ham ahşap kompozitlerin deney esnasında ısıya karşı şişmeleri sonucunda da elde edilmiştir.

Deney sırasında her bir ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin boya uygulamaları, zımparalama ve yakma işlemi sırasında koruyucu maske, eldiven, giysi ve gözlük kullanılmalıdır. Deney sırasında her bir deney materyali için ayrı fırça ve boya kabı kullanılmalıdır.

Yangına dayanıklı bor katkılı, su ve solvent bazlı boyaların karıştırma süreleri boyanın deney esnasında daha iyi bir tepkime vermesi açısından önemlidir. Tutuşma ve alev alma süreleri arasında doğrusal anlamlı bir ilişki olduğu da söylenebilir.

Yapılan deneyde boyalar ahşap çubuk yardımıyla 2 dakika karıştırılmıştır. Karışım kapalı bir kaba aktarılıp 20 defa çalkalanmış ve boyalar en kısa sürede bekletilmeden deney malzemelerine uygulanmıştır.

Ortam koşulları (nem, ısı, rüzgâr vb.) gibi etmenler deney sonucunda alınan tutuşma, alev alma gibi değerleri değiştirebilir. Ayrıca bu etmenlerin artmasıyla boyaların kuruma hızlarının değiştiği bilinmektedir.

Ahşap ve ahşap kompozit malzemelerin boyama işlemlerinden önce hangisinin hangi tür ahşap veya ahşap kompozit olduğunu karıştırmamak adına deney malzemeleri numaralandırılmalı, isimlendirilmeli veya renklendirilmelidir.

Deney malzemelerin ham ve boyalı ağırlıkları ayrıca deney sonrası ağırlıkları hassas terazi ile tartılmıştır. Net sonuçlar için deney malzemelerin ağırlıklarının hassas tartı ile tartılmalıdır.

Bir sonraki benzer çalışmanın, ahşap ve ahşap kompozit malzemelere uygulanacak olan yangına dayanıklı kimyasal boyalardan önce ilk kat niteliğinde olan yangına dayanıklı astar malzemesinin uygulanması sonrası performans değerlendirmeleri olabilir.

Kuruma işlemlerinin ardından yangına dayanıklı boyaların ahşap ve ahşap kompozit malzemeler üzerinde kullanım oranlarının arttırılması ve 7-14-21-28 günlük performans bekleme süreçlerinin ardından deneyin yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akıncıtürk N. ve Perker, S. 2003, 700 Yıllık Tarihi Cumalıkızık Yerleşimindeki Ahşap Yapılarda Yangın Yalıtımı, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi, 21-22-23 Mart, s:151-159.
- Altın, M., Taşdemir, Ş., Pehlivan, G.F., Boztepe Ş.D., Boztepe, Erkiş., Altın, S. 2007, Word Academi Of Science Engineering And Technology Ahşabın Basınca Karşı Dayanımının Farklı Ağaç Cinsi, Ebatları ve Kaplamalarına Göre Deneysel ve İstatistiksel Analizi
- Altın, M., 2015, Material Testing Taguchi yöntemiyle değerlendirilen boyut, katman malzemesi ve yangın sınıfı açısından kerestelerin kömürleşme oranı
- Altın, M., Taşpınar, YS., Köklü, M., 2021, Yapay zeka yöntemleri kullanılarak akustik salınımlara dayalı alev sönmesinin sınıflandırılması makalesi elsevier cilt 28 101561
- Altın, M, Taşpınar, YS, Köklü, M. 2021, Görüntü İşleme, Hareket Algılama ve Evrişimli Sinir Ağına Dayalı Çerçeve Kullanarak Görüntülerde Yangın Algılama International Journal of intelligent systems and applications in engineering ISSN:2147-67992
- Altın, M, Taşpınar, YS, Köklü, M., 2022, Akustik Tahrikli Hava Akımlı Alev Söndürme Sistemi Tasarımı ve Farklı Yakıtlarda Düşük Frekans Yeteneklerinin Analizi. Fire Technol 58, 1579–1597
- Altın, M. ve Kılıçaslan, M.F., 2023, İki gerçek oda yangını ve sonuçlarının yangın güvenliği açısından değerlendirilmesi Makalesi cilt 44 sayı 102876
- Altuntaş, E., 2008, Borlu polimer-odun kompozitleri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Müh. Yüksek lisans tezi, 15-17.
- Arne ve ark., (2015), Ahşap-plastik kompozitlerde kullanılan ön işlem görmüş ahşap parçacıklarının ve halojen içermeyen alev geciktiricilerin etkinliği.
- Ayrılmış, N., Candan, Z., White, R., 2007, Physical, mechanical, and fire properties of oriented strandboard with fire retardant treated veneers. Holz als Roh-und Werkstoff, pp 449-458.
- Ayrılmış, N., 2007, “Effect of fire retardants on internal bond strength and bond durability of structural fiberboard.” Building and environment, s:1200-1206.
- Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, 2022 Bartın İli Kontrplak, OSB, MDF ve Sunta Gibi Odun Yan Ürünlerinin İmalatı Ön Fizibilite Raporu

- Baysal, E., Sonmez, A., Colak, M., Toker, H., 2006, Hygroscopicity levels of wood treated with boron compounds. In Proceedings of the III. International Symposium on Boron, Proceeding Book, s: 51–54.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 2000, Odun Anatomisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Bozkurt, Y., ve Erdin, N. 1997, Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fak. Orman End. Müh. Böl., s:37 İstanbul.
- Bucur, V., Najafi, S.K., 2011, Delamination in Wood, Wood Products and Wood Based Composites. (1. Baskı) s:307-308.
- Çelik, 2013, Ahşap Malzemenin İç Mekân ve Mobilya Tasarımında Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güller, 2001, Odun kompozitleri, Isparta: SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:2. 30 Mayıs 2011, <http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sduofd/article/view/> s:354, 137-151.
- İstek, A., Aydemir, D., Hüdaverdi, E., Aydemir ve Eroğlu, 2013, “Combustion properties of medium density fiberboard coated by a mixture of calcite and various fire retardants.” Turkish Journal of Agriculture and Forestry, s: 642-648.
- İstek, A., Aydemir D., Eroğlu H., Aydemir 2012, “Surface properties of MDF coated with calcite/clay and effects of fire retardants on these properties.” Maderas Ciencia Tecnología. s: 135-144.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., Muhabbet, D., Alkan, F., 2016, “The Effect of Using Siriono and Boric Acid on the Combustion Performance in Particleboard Production.” International Forestry Symposium (IFS 2016) December s:1012-1019.
- İstek, A., Yalçınkaya, G., ve Özlüsoylu, İ., 2017, The Effect of Some Boron Compounds on Physical and Mechanical Properties of Particle Board ICACOF 201.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman Atlası, 2013 <https://www.orkoop.org.tr/link/atlas.pdf>
- Özgündüz, 2019, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Sıcaklık Etkisinde Isı Yalıtım Malzemelerin Özelliklerinin İncelenmesi YL Tezi.
- Kartal, 2004, Borlu Bileşiklerin Emprenye Maddesi Olarak Ağaç Malzeme Ve Kompozitlerde Kullanımı. Uluslararası Bor Sempozyumu Eskişehir.
- Kaya, 2018, Ahşap Esaslı Bazı Kompozit Malzemeler. Poliüretan ve kompozit sanayi dergisi.
- Kır, 2015, İç mekan yüzeylerde doğal ahşap malzeme kullanımının mekan algısına etkisi, Yüksek lisans tezi, Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Kurtoğlu, 1984, Ağaç malzemeler ve ağırlıklarıyla ilişkileri İstanbul Üniversitesi Orman Fakülteleri Dergisi, s:150-163.
- Lee, 2008, Burining Behavior of Flooring Materials in the Cone Calorimeter and Evaluatin of Toxic Smoke. Mokchae Konghak s:45-53.
- Pedieu, R., Riedi, B., Xia-Ming, W., Koubaa, A., 2012, “Fire-retardant properties of wood particleboards treated with boric acid.” European Journal of Wood and Wood Products, s:191-197.
- Rowell, 2005, Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Son, D. W., Kang, M. R., Kim, J. I., and Park, S. B. (2012). Fire performance of the wood treated with inorganic fire retardants. Journal of the Korean Wood Science and Technology, 40(5), 335-342.
- Şener, 2006, Mobilyada kullanılan ahşap malzeme, yüzey, üst yüzey, işlemler ve koruma, Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taghiyari, P., Hamir, R., Rangavar, H., 2013, Fire-retarding properties of nanowollastonite in MDF. European Journal of Wood and Wood Products, pp 573-581.
- Türk Standartları Ensitüsü, 2013, TS 825-SON (mmo.org.tr)
- Yang H., Rong Y., Hanping, C., Chuguang, Z., Dong, H., Leeand, D., Tee, L., 2006, In-depth investigation of biomass pyrolysis based on three major components: hemicellulose, cellulose and lignin. Energy Fuels s:388–393.
- Yıldız, K., Özgan, E., 2009, Farklı ortamlara maruz kalan bazı ahşap esaslı levhaların mühendislik özelliklerinin incelenmesi, Selçuk Üniversitesi Teknik bilimler yüksek okulu Teknik online dergi (1-2009) Mart 2012.
- Watson, ve arkadaşları, (2007), New Concepts in the Fire-Retardant Treatment of Wood-Based Materials, In: Proc of the Timber Committee of the United Nations Economic Commission for Europe, Oxford 22-25 March, Pergamon Press, pp. 53-60.
- Winandy, 1998, Techline, properties and use of wood, composites, and fiber products, durability of fire-retardant-treated wood, US Department of Agriculture.