



Farklı Katılım Oranlarında Uygulanan Çeşitli Emprenye Maddelerinin Yongalevhanın Yanma Özellikleri Üzerine Etkileri ¹

Ahmet Ali VAR ²

Özet

Çalışmanın amacı, ahşap koruma işlerinde geniş kullanımı olan çeşitli emprenye maddelerinin katılım oranlarının yongalevhanın yanma özellikleri üzerine etkilerini araştırmak ve emprenye maddesi katılım oranlarıyla yongalevhanın yanma özellikleri arasındaki ilişkileri tespit etmektir. Bu maksatla, %30 geniş yapraklı ağaç (*Populus nigra* L.) ve %70 iğne yapraklı ağaç (*Pinus brutia* Ten., *Pinus nigra* Arn (Lamb.), *Cedrus libani* Ait.) türlerinden elde edilen yongaların karışımı, üre-formaldehit (%65), sertleştirici (%33, amonyum klorür), borik asit (%5), boraks (%5), borik asit/boraks (%2.5/2.5), tanalith-CBC (%10), tanalith-CBC/borik asit/boraks (%5/2.5/2.5), kolofan (%10), alkid reçinesi (%20) ve immersol-WR (%1.76) kullanılmıştır. Deneme levhaları, tutkal püskürtme makinesinde önce emprenye edilip, sonra tutkallanan yongaların 150°C sıcaklık ve 26.5kp/cm² basınçta 6 dakika preslenmesiyle üretilmiştir. Deneylerde yongalevhaların alev kaynaklı yanma, alevli yanma ve kor halinde yanma sıcaklıkları ile yanma sonrası ağırlık kayıpları test edilmiştir. Sonuç olarak, kontrol levhasına göre emprenyeli levhaların yanma sıcaklıkları daha düşük olmuştur. Bunun yanında, emprenyeli levhaların yanma sonrası ağırlık kayıpları daha az gerçekleşmiştir. Alev kaynaklı yanmada, borik asit/boraks karışımı hariç, diğer emprenye maddeleri yongalevhanın yanma mukavemetini önemli ölçüde ($p \leq 0.05$) etkilememiştir. Ayrıca emprenye maddesi katılım oranları ile yongalevhanın yanma özellikleri arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle, emprenye maddesi katılım oranı arttıkça, yongalevhanın yanma özellikleri iyileşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap, Emprenye, Yongalevha, Yanma.

Effects on Fire Properties of Particleboards of Various Wood Preservatives Applied in Different Adding Rates

Abstract

The aim of this study was to investigate effects on combustion properties of particleboard of adding rates of various wood preservatives, and determine correlations between adding rates of wood preservative and fire properties of particleboard. In this study, the following materials were used for production of experimental particleboards: wood particle mixture of 30% latifolious tree (*Populus nigra* L.) and 70% coniferous tree (*Pinus brutia* Ten., *Pinus nigra* Arn (Lamb.), *Cedrus libani* Ait.), urea-

¹ Bu çalışma, DPT tarafından desteklenen 97.113.001.2 nolu araştırma projesinin bir bölümü olarak yürütülmüştür.

²SDÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta, ahmetalivar@orman.sdu.edu.tr

formaldehyde (65%), hardener (33%, ammonium chloride), boric acid (5%), borax (5%), boric acid/borax (2.5/2.5%), tanalith-CBC (10%), tanalith-CBC/boric asid/borax (5/2.5/2.5%), colophony (10%), alkyd resin (20%), immersol-WR (1.76%). Before adhering treatment, the wood particles were treated with wood impregnating solutions in the gluing machine. The particleboards were manufactured by pressing at temperature 150°C and pressure 26.5kp/cm² for 6 minutes. The combustion properties of particleboards were tested in four stages: flame-based, flaming, glowing, and mass loss. As a result of the tests, for treated particleboards, burning temperatures and mass losses were more than that of untreated particleboards. For flame-based stage, fire resistances of particleboard were affected significantly with added boric acid/borax mixture, but effects of the other preservatives were not important statistically ($p \leq 0.05$). It was also found a negative correlation between combustion properties of particleboard and adding rates of preservation chemicals. In other words, the combustion properties of treated particleboards increased with increasing of adding rates of wood preservatives.

Keywords: Wood, Wood impregnation, Particleboard, Fire resistance.

1. GİRİŞ

İnsanlığa armağan edilen ahşap, organik bileşiklerden oluşmakta ve çeşitli biyotik ve abiyotik zararlılar tarafından tahrip dileyebilmektedir. Yapılarda kullanıldığından beri, ahşabın zararlılara karşı korunması konusu daima zihinleri meşgul edegelmektedir. Bu konu, odun esaslı diğer yapı malzemeleri için de söz konusudur. Bu malzemelerden biri de yongalevhaldır.

Yongalevhalar %90 ve daha fazla oranlarda odun veya diğer ligno-selülozik bitkisel hammadde yongaları içermektedir. Herhangi bir koruma işlemine tabi tutulmadan doğrudan üretimde kullanılan bu organik yongalar, zararlı biyotik ve abiyotik unsurların olumsuz etkisinde kalabilmektedir. Bunun sonucu, mamul malzemede boyut değişimleri, renklemeler, çürümeler ve direnç kayıpları meydana gelebilmekte, ayrıca doğrudan temas eden ateş ve ısının etkisiyle alev alabilmekte, yanabilmekte ya da yapısında ısıl bozunmalar olabilmektedir.

Yanma olayının gerçekleşebilmesi için oksijenle birlikte bir alev kaynağı ve yanabilen bir madde yeterli olabilmektedir. Ahşap ve ahşap esaslı ürünler de organik madde yoğun bir malzeme oldukları için yanarak kömür haline dönüşebilmektedir. Böyle ürünler, yanabilirliği azaltmak ve yanma güvenliğini sağlamak için farklı kimyasal maddelerle muamele edilmektedir (Nussbaum, 1988; Ellis ve Rowell 1989; Mitchell, 1993). Bu maksatla tutuşmayı, alevlenmeyi ve yanmayı geciktiren kimyasallar kullanılmaktadır. Bu tür kimyasallar, malzemeye mutlak bir yanmazlık niteliği kazandıramamakta, fakat onun tutuşmasını güçleştirip, tutuşma başladıktan sonra da alevin yayılmasını geciktirmektedir (Berkel, 1972; Örs ve ark., 1999). Örneğin; borlu bileşiklerin, ahşabın korunmasında emprenye maddesi olarak birçok faydaları yanında, yanmayı geciktirici madde olarak da çok büyük yeri ve önemi bulunmaktadır.

Hatta tek başına kullanılsalar bile etkili olmaktadır. Tek kullanılan bor kimyasalları, genellikle boraks ve borik asit bileşimleri halindedir. Bu tip borlu bileşikler kolayca çözünmekte ve ahşap koruma işlerinde suda çözünen eriyikleri kullanılmaktadır (Alma ve Acemioğlu, 2006; Richardson, 1978; Nicholas, 1973).

Boraks ve borik asit, en bilinen ve yaygın olarak kullanılan bor bileşikleridir. Bu bileşiklerin, ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin biyotik ve yangın zararlarına karşı korunmasında çok çeşitli kullanımları bulunmaktadır. Bunlar ayrı ayrı kullanılabilirler gibi, daha kalıcı bir empenye için çoğunlukla borik asit ve boraksdan oluşan bir bor solüsyonu halinde de kullanılabilirler. Boraks, alev dağılmasını azalma yönünde etkili olurken, için için ya da kor halinde yanmayı desteklemektedir. Borik asit ise için için yanmayı bastırmakta, ancak alev yayılması üzerine çok az etkisi bulunmaktadır (Hafizoğlu ve ark., 1994.). Erime noktası bir hayli düşük olan bu bileşikler, yangında yüksek sıcaklığa maruz kaldığında alevin yayılarak dağılmasını geciktirmekte, kömürleşmede katalizör etkisi yapmakta ve camsı bir film tabakası oluşturmaktadır. Bunlar, genel olarak bütün empenye yöntemleriyle uygulanabilmekte, fakat en yüksek nüfuz değerlerini difüzyon yöntemiyle sağlamaktadır. Düşük derişimlerde daldırma veya püskürtme yoluyla uygulandığında bile, biyotik bozunmaya karşı duyarlı ağaç malzemelerde etkili olabilmektedir (Nussbaum, 1988; Richardson, 1978). Diğer yandan odun koruma işlerinde su itici maddeler de kullanılmaktadır. Bu maddeler malzemenin su alma oranını önemli ölçüde azaltmakta, fakat önleyememektedir (Özen, 1980; Bozkurt ve Göker, 1985). Odundaki kapılar boşlulara kimyasal olarak değil de fiziksel olarak bağlanan su iticiler, genellikle parafin kökenli karışımlardır. Ayrıca kolofan ve alkid reçinesi gibi reçineler, çeşitli reçine esterleri ve bezir yağı gibi yağlar da kullanılmaktadır. Bunlar, odunsu hücre çeperlerinde iç ve dış yüzeyleri kaplamakta, kapılar boşlukları tıkamakta ve hidrojen bağları oluşturmakta, neticede suya karşı koruyucu bir tabaka oluşturarak su itici etki yapmaktadır. Su itici maddeler tiner, benzol, white spirit vb uçucu hafif organik çözücülerde çözündürülmektedir. Böyle karışımlarda mantar ve böcek zararlılarına karşı zehirleyici etki yapan bazı maddeler de bulunabilmektedir (Yıldız, 1988).

Bu çalışmada, ayrı ayrı olmak üzere, ahşap koruyucusu çeşitli kimyasal madde çözeltileriyle muamele edilmiş odun yongaları kullanılarak üretilen yongalevhaların yanmaya karşı mukavemetleri araştırılmıştır. Araştırmada, ahşap koruma işlerinde geniş kullanımı olan bazı bor bileşikleri ve su itici maddelerin katılım oranlarının, yongalevhanın yanma özelliklerine etkilerinin saptanması, bu maddelerin katılım oranları ile yongalevhanın yanma özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, fabrikada tutkallanmaya hazır endüstriyel odun yongalarından üretilen laboratuvar tipi yongalevhalar üzerinde yürütülmüştür. Araştırma, mobilya, prefabrik ev vb yapımında kullanımı giderek artan ahşap esaslı yapısal levha ürünlerinin yangın

zararlarına karşı dayanımlarının ortaya konulmasına yönelik çalışmalara katkıda bulunması bakımından önem taşımaktadır.

Burada, konuyla ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalara, özellikle de ahşap esaslı yapısal levha ürünleriyle ilgili olanlara yer verilmiş ve aşağıda kısaca özetlenmiştir:

Boraks, potasyum karbonat ve wolmanit-CB maddeleri, fırça ile sürme ve daldırma yöntemleri kullanılarak emprenye edilen kontrplak, yönlendirilmiş yongalevha (OSB) ve lif levha (MDF) üzerinde yapılan yanma deneyleri sonucunda, potasyum karbonat ve daldırma yöntemi uygulanan MDF’de yanma mukavemetinin daha iyi olduğu belirtilmektedir (Aslan ve Özkaya, 2004).

Japon yalancı selvisi ve huş ağacı kaplama levhaları, sodyum silikat (su camı), alüminyum sülfat ve kalsiyum klorit çözeltileri ile vakum ve difüzyon yöntemleri kullanılarak üretilen kompozit levhalar üzerinde yapılan bir çalışmada, levhaların yanma mukavemetinin kontrol levhasından daha iyi olduğu, özellikle, difüzyon yönteminde daha yüksek bulunduğunu bildirilmektedir (Furuno, 1991).

Rutubeti LDN civarında ve kuru halde (%20’den az) olan göknar/kayak odunu yongaları karışımı, yanmayı önleyici bazı maddeler ve kombinezonları ile toz ve çözeltili halinde püskürtme yöntemi kullanılan bir çalışmada, levhaların yanma mukavemetinin, ikinci işlemde daha iyi olduğu belirtilmektedir (Syska, 1969).

Kontrplak, üst yüzey işlemi uygulanmamış sert lif levha (HDF), PVC kaplaması, ağaç ve kumaş gibi organik polimer özellikli çeşitli malzemeler üzerinde tutuşma, alev yayılması ve duman yoğunluğu testleri yapılan bir çalışmada, HDF, kontrplak ve PVC kaplamasının, tutuşmaya karşı dayanımının iyileştiği bildirilmektedir (Hilado and Murphy, 1979).

Kontrplak, yongalevha (PTB), lif levha (MDF), yangın geciktirici klorlu kauçuk boya ve fırça ile 1, 2, 3 kat sürme yöntemi kullanılan bir çalışmada, yanma direncinin üç kat boya uygulanan yongalevhada en fazla, bir kat boya uygulanan lif levhada en az olduğu belirtilmiştir (Lee, 1989; Uysal, 1997).

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Malzeme

Çalışma, laboratuvar tipi normal yongalevhalar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, %30 oranında geniş yapraklı ağaç (*Populus nigra* L.) odunu yongaları ve %70 oranında iğne yapraklı ağaç (*Pinus brutia* Ten., *Pinus nigra* Arn (Lamb.), *Cedrus libani* Ait.) odunu yongalarından oluşan karışım, %65 derişimde üre-formaldehit tutkalı, %33 derişimde sertleştirici (amonyum klorür) ve derişimleri Çizelge 1’de verilen ahşap koruyucusu emprenye maddeleri kullanılmıştır. Tutkal, levhaların dış tabakaları için %10 ve orta tabakaları için %8 oranlarında uygulanmıştır. Sertleştirici, tutkal çözeltilisine %10 oranında ilave edilerek kullanılmıştır. Ahşap emprenye kimyasalları ise Çizelge 1’de belirtilen derişimlerde ve katılım oranlarında tatbik edilmiştir.

Levhanın dış tabakaları, toplam levha kalınlığının %35'ini ve orta tabakaları %65'ini oluşturmaktadır. Her tabaka için, odun yongaları ağırlık esasına göre, tutkal tam kuru yonga ağırlığına göre, sertleştirici ve emprenye kimyasalları ise tam kuru tutkal ağırlığına göre kullanılmıştır (Var, 2000).

Çizelge 1. Emprenyeli yongalevhaların üretimde kullanılan işlem değişkenleri.

| Emprenye kimyasalları | Emprenye maddesi derişimi (%) | Emprenye maddesi kullanım oranı (%) | Üretilen levha tipi |
|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| Kontrol | 0 | 0 | K |
| Borik asit | 5 | 0.5 | BA ₁ |
| | | 0.75 | BA ₂ |
| | | 1.5 | BA ₃ |
| Boraks | 5 | 0.5 | BR ₁ |
| | | 0.75 | BR ₂ |
| | | 1.5 | BR ₃ |
| Tanalith-CBC | 10 | 0.6 | CBC ₁ |
| | | 0.9 | CBC ₂ |
| | | 1.8 | CBC ₃ |
| Borik asit/Boraks | 2.5/2.5 | 0.5 | BB ₁ |
| | | 0.75 | BB ₂ |
| | | 1.5 | BB ₃ |
| Tanalith-CBC/Borik asit/Boraks | 5/2.5/2.5 | 0.6 | TBB ₁ |
| | | 0.9 | TBB ₂ |
| | | 1.8 | TBB ₃ |
| Kolofan | 10 | 1.0 | KLF ₁ |
| | | 1.5 | KLF ₂ |
| | | 3.0 | KLF ₃ |
| Alkid reçinesi | 20 | 1.0 | AR ₁ |
| | | 1.5 | AR ₂ |
| | | 3.0 | AR ₃ |
| Immersol-WR | 1.76 | 0.3 | IM ₁ |
| | | 0.45 | IM ₂ |
| | | 0.9 | IM ₃ |

CBC: Bakır – Borat – Kromat,

WR: Water repellent

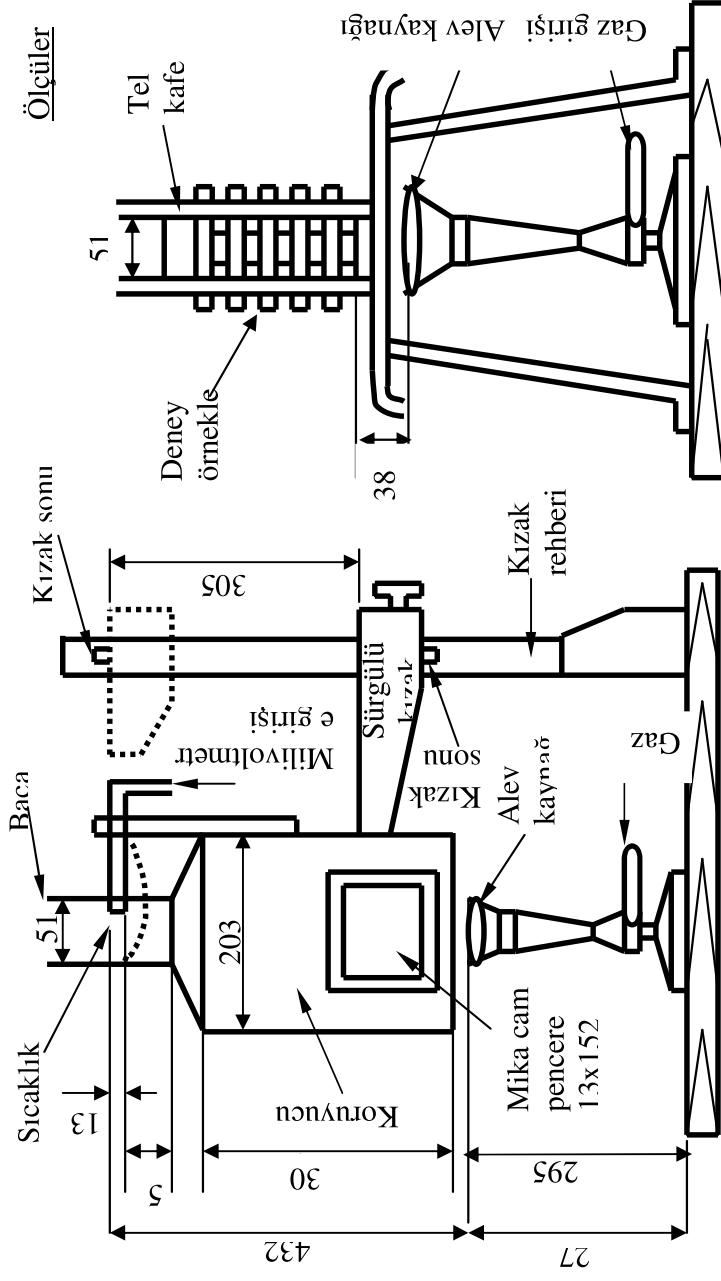
2.2. Yongalevha Üretimi

Yongalevhalar, laboratuvar koşullarında ve 560x760x20mm boyutlarda üretilmiştir. Üretimde, öncelikle, odun yongaları tutkallama makinesinde emprenye edilmiştir. Bu işlem, makinenin karıştırma kolları bir taraftan yongaları karıştırırken, diğer taraftan da üst enjektöründen emprenye çözeltisi yongaların üzerine püskürtülerek gerçekleştirilmiştir. Sonra, makinedeki emprenyeli yongalar, emprenye işleminde olduğu gibi, tutkal çözeltisi ile muamele edilmiştir. Ayrı ayrı olmak üzere, her iki işlem için, yongalar 5'er dakika süreyle karıştırılmıştır. Bunu takiben, yongalar serme ve soğuk pres brimine taşınmıştır. Burada, sırasıyla, alt dış tabaka yongaları, orta tabaka yongaları ve üst dış tabaka yongaları el ile serilmiştir. Ardından, soğuk pres yapılarak taslak levhalar oluşturulmuştur. Daha sonra, levha taslakları hidrolik

sıcak pres makinesinde preslenmiştir. Bu işlem, levha taslakları 150°C sıcaklık ve 26.5kp/cm² basınçta 6 dakika bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Presten çıkarılan yongalevhalar soğuyuncaya dek pres saçları arasında bekletilmiştir (Var, 2000). Soğuyan levhalar, testlerden önce, TS 642'ye (1968)'e göre, 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemde yaklaşık üç hafta kondisyonlanmak suretiyle deneylerde kullanılabilir hale getirilmiştir.

2.3. Yanma Özelliklerinin Tayini

Levhaların yanma özelliklerinin tayinine ilişkin deneyler ASTM E 160–50 (1975)'e göre yapılmıştır. Bu maksatla, her levha tipi için, 76x13x20mm boyutunda, 24'er adet örnek hazırlanmıştır. Örnekler, %7 rutubete ulaşınca kadar 27±2°C sıcaklık ve %30±3 bağıl nem şartlarında bekletildikten sonra, ağırlıkları 0.01g duyarlılıkla tartılmıştır. Örnekler, Şekil 1'de verilen yanma düzeneğindeki tel kafesin her katına 2'şer adet dizilerek 12 katlı bir istif oluşturulmuştur. Her kattaki örnekler, aralarında 2.5cm mesafe ve bir alt kattaki örneklerle dik açı yapacak biçimde yerleştirilmiştir. Deneyde yakıt olarak kullanılan bütan gazının basıncı 0.5kgf/cm²'de sabitlenmiştir. Gaz akımı, ocaktaki ızgaranın hemen üstünde mavi renkli alev oluşturacak şekilde sürekli denetlenmiş ve gaz yandığında bacadaki sıcaklık 315±8°C olacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 1. Yanma deneyi düzenneđi (ASTM E 160-50, 1975).

Yanma deneyleri alev kaynaklı yanma, alevli yanma, kor halinde yanma ve yanma sonrası ağırlık kaybı olarak dört aşamada ve birbirini takip edecek şekilde gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, alev kaynaklı yanma deneyi yapılmıştır. Bu aşamada, evvela, alev kaynağı yanma düzeneğindeki örnek istifinin altına ve istifi ortalayacak biçimde yerleştirilmiştir. Ardından, örnekler alevin etkisinde 3 dakika bırakılarak tutuşturulduktan sonra, alev kaynağı kapatılıp ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Yakmaya başlanıldığı andan itibaren, değişen sıcaklık değerleri 15'er saniye ara ile sıcaklık ölçerden okunmuştur. İkinci aşamada, alevli yanma deneyi yapılmıştır. Bu deney, birinci aşamada alev kaynağı kapatılır kapatılmaz başlatılmış ve örnekler alevli halde kendi kendine yandığı sürece devam etmiştir. Bu süre içinde değişen sıcaklık değerleri 30'ar saniye ara ile sıcaklık ölçerden okunmuştur. Üçüncü aşamada, kor halinde yanma deneyi yapılmıştır. Deney, ikinci aşamada örneklerdeki alev söner sönmeye başlatılmış ve örnekler, kor halinde kendi kendine (için için) yandığı sürece devam etmiştir. Bu süre zarfında değişen sıcaklık değerleri yine 30'ar saniye ara ile sıcaklık ölçerden okunmuştur. Son aşamada ağırlık kaybı deneyi yapılmıştır. Deney, üçüncü aşamada için için yanan örneklerdeki köz ateşi söner sönmeye başlatılmıştır. Bu aşamada, kül, kömür ve yanmamış kısımlardan oluşan yığından faydalanılmıştır. Bu yığın, darası alınmış madeni bir kap içine konularak klimatize edilmiş ve tartılmıştır. Her emprenye maddesi katılım oranı için, ağırlık kaybı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (ASTM E 160–50, 1975):

$$AK = (A_0 - A_s) / A_0 \times 100$$

Burada;

AK = Ağırlık kaybı (%),

A_0 = Yanma öncesi %7 rutubetteki ağırlık (g),

A_s = Yanma sonrası ağırlık (g)'dir.

2.4. İstatistiksel Analiz

Deneyler tamamlandıktan sonra, her emprenye maddesi katılım oranı için, alev kaynaklı yanma, alevli yanma ve kor halinde yanma sırasında ölçülen sıcaklık değerleri ile yanma sonrası ağırlık kaybına ilişkin değerlerin aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve varyasyon katsayıları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her emprenye maddesi için elde edilen bulgular, %5 yanılmayla, varyans analizi, duncan testi ve korelasyon analizine tabi tutulmuştur. Bu aşamada, her emprenye kimyasalı için, emprenye maddesi katılım oranlarının yongalevhanın yanma özellikleri üzerine etkilerinin önem kontrolü yapılmıştır ($p \leq 0.05$). Etkilerin önemli çıkması halinde, duncan testi yardımıyla emprenye maddesi katılım oranlarının (levha tiplerinin) homojenlik grupları araştırılmıştır. Korelasyon analiziyle ise, emprenye maddesi katılım oranlarıyla yongalevhanın yanma özellikleri arasındaki ilişkilere ve bu ilişkilerin anlamlı olup olmadıklarına bakılmıştır. Elde edilen her analiz ve test sonuçları için, ayrı ayrı çizelgeler hazırlanmıştır. Ayrıca her emprenye maddesi

için, yanma deneyi esnasında ve sonrasında çıplak gözle incelemeler de yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bulgular

Emprenyeli ve emprenyesiz yongalar kullanılarak üretilen yongalevhalar üzerinde yapılan 4 farklı yanma deneyi neticesinde elde edilen istatistiksel bulgular Çizelge 2’de, bunlara ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 3’de, duncan testi sonuçları Çizelge 4’de ve korelasyon analizi sonuçları da Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneme levhalarının yanma özelliklerine dair istatistik sonuçları.

| Emprenye maddesi | Levha tipi | Yanma özellikleri | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------|------------------------------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------|----------------------------------|-------|-------|---------------------------------|------|------|
| | | Alev kaynaklı yanma sıcaklığı (°C) | | | Alevli yanma sıcaklığı (°C) | | | Kor halinde yanma sıcaklığı (°C) | | | Yanma sonrası ağırlık kaybı (%) | | |
| | | X | S | V | X | S | V | X | S | V | X | S | V |
| Kontrol | K | 627 | 129.84 | 23.43 | 474 | 191.37 | 40.40 | 168 | 53.05 | 31.54 | 83.32 | 0.83 | 0.99 |
| | BA ₁ | 575 | 157.32 | 25.75 | 389 | 75.87 | 11.02 | 145 | 88.93 | 57.78 | 74.36 | 0.84 | 0.99 |
| Borik asit | BA ₂ | 566 | 157.33 | 27.78 | 362 | 145.93 | 23.31 | 131 | 63.93 | 48.63 | 73.91 | 0.84 | 1.00 |
| | BA ₃ | 555 | 157.46 | 28.37 | 339 | 102.87 | 15.07 | 120 | 61.18 | 55.79 | 72.67 | 0.83 | 1.00 |
| | BR ₁ | 538 | 165.58 | 28.43 | 405 | 108.87 | 15.45 | 150 | 79.58 | 44.40 | 75.33 | 0.85 | 0.99 |
| Boraks | BR ₂ | 531 | 142.73 | 26.86 | 401 | 92.22 | 13.16 | 146 | 81.16 | 46.08 | 72.26 | 0.82 | 0.99 |
| | BR ₃ | 515 | 129.47 | 25.16 | 364 | 181.63 | 27.36 | 136 | 74.05 | 54.64 | 70.46 | 0.80 | 0.99 |
| | CBC ₁ | 579 | 147.59 | 25.50 | 390 | 78.28 | 9.80 | 165 | 80.40 | 40.72 | 72.93 | 0.83 | 1.00 |
| Tanalith-CBC | CBC ₂ | 576 | 156.27 | 27.12 | 335 | 96.39 | 15.18 | 163 | 88.58 | 47.25 | 72.48 | 0.82 | 0.99 |
| | CBC ₃ | 575 | 160.29 | 27.88 | 298 | 102.88 | 17.20 | 160 | 78.14 | 46.63 | 71.18 | 0.81 | 0.99 |
| Borik asit / Boraks | BB ₁ | 550 | 147.11 | 22.64 | 431 | 124.85 | 17.09 | 151 | 66.72 | 39.26 | 73.09 | 0.83 | 0.99 |
| | BB ₂ | 524 | 148.25 | 23.78 | 419 | 72.19 | 10.04 | 145 | 95.41 | 57.41 | 73.01 | 0.83 | 0.99 |
| | BB ₃ | 518 | 130.72 | 25.25 | 410 | 114.00 | 16.06 | 134 | 78.13 | 58.28 | 71.84 | 0.82 | 1.00 |
| Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks | TBB ₁ | 525 | 150.35 | 24.93 | 385 | 201.03 | 41.66 | 165 | 86.51 | 25.56 | 73.40 | 0.83 | 0.99 |
| | TBB ₂ | 519 | 146.99 | 28.15 | 357 | 93.65 | 14.25 | 159 | 33.63 | 21.17 | 72.99 | 0.83 | 1.00 |
| TBB ₃ | 505 | 135.09 | 26.77 | 339 | 120.31 | 22.32 | 156 | 40.92 | 26.16 | 72.74 | 0.83 | 1.00 | |
| Kolofan | KLF ₁ | 519 | 133.18 | 25.64 | 308 | 162.12 | 45.29 | 110 | 26.73 | 24.32 | 70.05 | 0.30 | 0.42 |
| | KLF ₂ | 504 | 114.87 | 22.78 | 297 | 173.79 | 58.61 | 106 | 17.81 | 23.36 | 63.78 | 0.64 | 1.00 |
| | KLF ₃ | 493 | 114.22 | 23.19 | 293 | 158.64 | 66.49 | 103 | 12.44 | 16.95 | 63.62 | 0.64 | 1.00 |
| Alkid reçinesi | AR ₁ | 558 | 147.64 | 26.48 | 374 | 120.21 | 20.93 | 126 | 64.14 | 39.42 | 66.55 | 0.47 | 1.00 |
| | AR ₂ | 555 | 131.02 | 23.59 | 315 | 173.56 | 55.08 | 111 | 20.35 | 25.10 | 63.66 | 0.44 | 1.00 |
| | AR ₃ | 521 | 146.93 | 28.18 | 301 | 171.88 | 57.98 | 108 | 17.91 | 23.00 | 62.25 | 0.42 | 0.99 |
| Immersol-WR | IM ₁ | 572 | 165.20 | 26.33 | 459 | 199.20 | 43.44 | 136 | 38.25 | 28.17 | 69.24 | 0.79 | 0.99 |
| | IM ₂ | 568 | 150.88 | 26.55 | 428 | 103.14 | 21.39 | 112 | 26.53 | 28.82 | 67.22 | 0.77 | 0.99 |
| | IM ₃ | 518 | 121.71 | 23.51 | 396 | 183.51 | 62.03 | 104 | 21.98 | 26.31 | 64.68 | 0.75 | 1.00 |

X: Aritmetik ortalama, S: Standart sapma,

V: Varyasyon katsayısı

Çizelge 3. Deneme levhalarının yanma özelliklerine dair varyans analizi sonuçları.

| EM | VK | Yanma özellikleri | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|-------------------------------|----|----------|------------------------|-----|-----------|-----------------------------|----------|-------|-----------------------------|----------|-----|---------|------|-----|-------|----|-------|------|-----|
| | | Alev kaynaklı yanma sıcaklığı | | | Alevli yanma sıcaklığı | | | Kor halinde yanma sıcaklığı | | | Yanma sonrası ağırlık kaybı | | | | | | | | | | |
| | | KT | SD | KO | F | P | KT | SD | KO | F | P | KT | SD | KO | F | P | | | | | |
| | GA | 61171.40 | 3 | 2039.47 | 0.89 | ÖD | 1329746.0 | 3 | 443248.6 | 23.42 | *** | 46969.05 | 3 | 15656.3 | 3.46 | *** | 4.83 | 3 | 1.61 | 2.31 | Öİ |
| | BA | 1002686.50 | 44 | 22788.33 | | | 2460383.3 | 130 | 18926.03 | | | 542599.5 | 120 | 4521.66 | | | 5.57 | 8 | 0.69 | | |
| | T | 1063857.90 | 47 | | | | 3790129.3 | 133 | | | | 589568.6 | 123 | | | | 10.41 | 11 | | | |
| | GA | 39431.17 | 3 | 13143.72 | 0.64 | ÖD | 1542819.9 | 3 | 514273.3 | 21.18 | *** | 31593.69 | 3 | 10531.2 | 1.88 | ÖD | 37.29 | 3 | 12.43 | 18.2 | *** |
| | BR | 895517.8 | 44 | 20352.67 | | | 3640772.3 | 150 | 24271.82 | | | 407129.5 | 73 | 5577.11 | | | 5.44 | 8 | 0.68 | | |
| | T | 934949.0 | 47 | | | | 5183592.3 | 153 | | | | 438723.2 | 76 | | | | 42.74 | 11 | | | |
| | GA | 39616.75 | 3 | 13205.58 | 0.59 | ÖD | 2108360.4 | 3 | 702786.8 | 40.48 | *** | 9906.86 | 3 | 3302.28 | 0.54 | ÖD | 7.79 | 3 | 2.59 | 3.84 | Öİ |
| | CB | 97943.17 | 44 | 22157.79 | | | 2586319.3 | 149 | 17357.85 | | | 308678.8 | 51 | 6052.52 | | | 5.41 | 8 | 0.67 | | |
| | T | 1014559.90 | 47 | | | | 4694679.7 | 152 | | | | 318585.7 | 54 | | | | 13.26 | 11 | | | |
| | GA | 184788.9 | 3 | 61596.30 | 3.17 | *** | 1970424.4 | 3 | 656808.1 | 34.34 | *** | 25646.68 | 3 | 8548.89 | 1.35 | ÖD | 3.95 | 3 | 1.31 | 1.92 | Öİ |
| | GI | 853202.3 | 44 | 19390.96 | | | 2849162.4 | 149 | 19121.90 | | | 550309.2 | 87 | 6325.39 | | | 5.47 | 8 | 0.68 | | |
| | T | 1037991.30 | 47 | | | | 4819586.9 | 152 | | | | 575955.9 | 90 | | | | 9.43 | 11 | | | |

Çizelge 3. ün devamı

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|----|----------|------|----|-----------|-----|----------|-------|-----|----------|-----|---------|------|-----|-------|----|-------|------|-----|
| GA | 74791.75 | 3 | 24930.58 | 1.26 | ÖD | 849591.0 | 3 | 283196.9 | 10.82 | *** | 801.77 | 3 | 267.25 | 0.05 | ÖD | 0.83 | 3 | 0.27 | 0.40 | Öİ |
| TB | 868608.1 | 44 | 19741.09 | | | 4605981.8 | 176 | 26170.35 | | | 184891.4 | 41 | 4509.54 | | | 5.51 | 8 | 0.68 | | |
| B | 943399.9 | 47 | | | | 5455772.8 | 179 | | | | 185693.2 | 44 | | | | 6.34 | 11 | | | |
| T | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | |
| GA | 4572.42 | 3 | 1524.13 | 0.10 | ÖD | 1139018.0 | 3 | 379672.6 | 12.73 | *** | 75820.64 | 3 | 26173.5 | 56.5 | *** | 770.1 | 3 | 256.7 | 57.6 | *** |
| KL | 669211.5 | 44 | 15209.35 | | | 4175332.5 | 140 | 29823.80 | | | 50492.57 | 109 | 463.23 | | | 3.54 | 8 | 0.44 | | |
| F | 673783.9 | 47 | | | | 4314550.6 | 143 | | | | 129013.2 | 112 | | | | 773.7 | 11 | | | |
| T | | | | | | | | | | | 2 | | | | | 0 | | | | |
| GA | 20415.33 | 3 | 6805.11 | 0.35 | ÖD | 1078728.5 | 3 | 359576.1 | 13.48 | *** | 149299.3 | 3 | 49766.4 | 48.2 | *** | 348.3 | 3 | 116.1 | 36.9 | *** |
| AR | 851519.3 | 44 | 19352.71 | | | 2932319.5 | 110 | 26657.45 | | | 123710.7 | 120 | 1030.92 | | | 2.55 | 8 | 0.32 | | |
| T | 871934.6 | 47 | | | | 4011048.0 | 113 | | | | 273010.0 | 123 | | | | 350.9 | 11 | | | |
| T | | | | | | | | | | | 9 | | | | | 4 | | | | |
| GA | 105414.8 | 3 | 35138.27 | 1.72 | ÖD | 514429.5 | 3 | 171476.4 | 6.83 | *** | 89221.72 | 3 | 29740.5 | 34.9 | *** | 119.8 | 3 | 39.95 | 64.7 | *** |
| IM | 899000.8 | 44 | 20431.83 | | | 3260268.9 | 130 | 25078.99 | | | 125009.3 | 147 | 850.40 | | | 4.93 | 8 | 0.61 | | |
| T | 1004415. | 47 | | | | 3774698.4 | 133 | | | | 214231.0 | 150 | | | | 124.8 | 11 | | | |
| T | | | | | | | | | | | 5 | | | | | 1 | | | | |

EM: Emprenye maddesi, VK: Varyans kaynağı, ÖD: Önemli değil ($p \leq 0.05$ ise önemli), KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, GA: Gruplar arası, GI: Gruplar içi, T: Toplam, KLF: Kolofan, AR: Alkid reçinesi, BA: Borik asit, BR: Boraks, BB: Borik asit / Boraks, CBC: Tanalith-CBC, TBB: Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks, IM: Immersol-WR

Çizelge 4. Deneme levhalarının yanma özelliklerine dair duncan testi sonuçları.

| Emprenye maddesi | Levha tipi | Yanma özellikleri | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------|-------------------------------|-----|------------------------|-----|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----|
| | | Alev kaynaklı yanma sıcaklığı | | Alevli yanma sıcaklığı | | Kor halinde yanma sıcaklığı | | Yanma sonrası ağırlık kaybı | |
| | | X | HG | X | HG | X | HG | X | HG |
| Borik asit | K | 626.50 | a | 473.72 | a | 168.22 | a | 83.32 | a |
| | BA ₂ | 575.38 | a | 388.72 | e | 142.72 | a ^e | 74.36 | a |
| | BA ₃ | 566.41 | a | 362.00 | e | 131.46 | a ^e | 73.91 | a |
| | BA ₁ | 555.08 | a | 338.94 | e | 119.67 | e | 72.67 | a |
| Boraks | K | 626.50 | a | 473.72 | a | 168.22 | a | 83.32 | a |
| | BR ₂ | 538.05 | a | 404.83 | f | 150.25 | a | 75.33 | g |
| | BR ₁ | 531.41 | a | 400.80 | f | 146.13 | a | 72.26 | h |
| | BR ₃ | 514.58 | a | 363.85 | f | 135.51 | a | 70.46 | h |
| Tanalith-CBC | K | 626.50 | a | 473.72 | a | 168.22 | a | 83.32 | a |
| | CBC ₂ | 578.83 | a | 390.70 | ı | 165.45 | a | 72.93 | a |
| | CBC ₃ | 576.25 | a | 334.81 | h | 163.45 | a | 72.48 | a |
| | CBC ₁ | 575.25 | a | 298.28 | h | 160.08 | a | 71.18 | a |
| Borik asit / Boraks | K | 626.50 | a | 473.72 | a | 168.22 | a | 83.32 | a |
| | BB ₁ | 549.83 | a b | 430.66 | g | 150.94 | a | 73.09 | a |
| | BB ₂ | 523.50 | a b | 418.82 | g | 114520 | a | 73.01 | a |
| | BB ₃ | 517.66 | b | 409.92 | g | 134.07 | a | 71.84 | a |
| Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks | K | 626.50 | a | 473.72 | a | 168.22 | a | 83.32 | a |
| | TBB ₃ | 524.75 | a | 384.85 | j | 164.60 | a | 73.40 | a |
| | TBB ₂ | 519.00 | a | 357.08 | j | 158.85 | a | 72.99 | a |
| | TBB ₁ | 504.58 | a | 338.91 | j | 156.44 | a | 72.74 | a |
| Kolofan | K | 626.50 | a | 473.72 | a | 168.22 | a | 83.32 | a |
| | KLF ₂ | 519.41 | a | 307.92 | b | 109.90 | b | 70.05 | b |
| | KLF ₃ | 504.33 | a | 296.53 | b c | 106.26 | b | 63.78 | c |
| | KLF ₁ | 492.58 | a | 292.59 | c | 103.37 | b | 63.62 | c |
| Alkid reçinesi | K | 626.50 | a | 473.72 | a | 168.22 | a | 83.32 | a |
| | AR ₁ | 557.50 | a | 374.29 | d | 125.70 | a | 66.55 | d |
| | AR ₃ | 555.33 | a | 315.00 | ç | 111.08 | c | 63.66 | e |
| | AR ₂ | 521.33 | a | 300.58 | ç | 107.85 | c | 62.25 | f |
| Immersol-WR | K | 626.50 | a | 473.72 | a | 168.22 | a | 83.32 | a |
| | IM ₃ | 572.33 | a | 458.54 | a | 135.78 | f | 69.24 | ı |
| | IM ₂ | 568.25 | a | 428.17 | a | 109.09 | g | 67.22 | i |
| | IM ₁ | 517.58 | a | 395.83 | k | 104.48 | g | 64.68 | j |

HG: Homojenlik grubu

Çizelge 5. Deneme levhalarının yanma özelliklerine dair korelasyon analizi sonuçları.

| Emprenye maddesi | Yanma özellikleri | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|----|------------------------|-----|-----------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| | Alev kaynaklı yanma sıcaklığı | | Alevli yanma sıcaklığı | | Kor halinde yanma sıcaklığı | | Yanma sonrası ağırlık kaybı | |
| | r | p | r | p | r | p | r | p |
| Borik asit | - 0.13 | ÖD | - 0.44 | *** | - 0.03 | ÖD | - 0.34 | ÖD |
| Boraks | - 0.01 | ÖD | - 0.36 | *** | - 0.23 | *** | - 0.40 | ÖD |
| Tanalith-CBC | - 0.14 | ÖD | - 0.28 | *** | - 0.04 | ÖD | - 0.01 | ÖD |
| Borik asit/Boraks | - 0.04 | ÖD | - 0.49 | *** | - 0.20 | ÖD | - 0.01 | ÖD |
| Tanalith-CBC/ Borik asit/Boraks | - 0.25 | ÖD | - 0.02 | ÖD | - 0.05 | ÖD | - 0.20 | ÖD |
| Kolofan | - 0.04 | ÖD | - 0.41 | *** | - 0.43 | *** | - 0.84 | *** |
| Alkid reçinesi | - 0.09 | ÖD | - 0.03 | ÖD | - 0.28 | *** | - 0.67 | *** |
| Immersol-WR | - 0.27 | ÖD | - 0.08 | ÖD | - 0.15 | ÖD | - 0.51 | ÖD |

r: Korelasyon katsayısı (pozitif / negatif ilişki)

Ayrıca yanma deneyleri esnasında ve sonrasında çıplak gözle yapılan incelemelerde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Genel olarak yanma sırasında çıkan duman yoğunluğu, emprenyeli levhalarda kontrol levhasından daha az olmuştur. Deney sonunda emprenyeli örneklerdeki fiziki görünüş kontrol örneklerine göre daha iyi olup çoğunlukla daha iyi muhafaza edilmiştir.

Yanma düzeneğinin tel kafesindeki 12 katlı istifte bulunan emprenyeli 24 adet örnekten 8–10 tanesi hariç, diğer örnekler yıkılmamış, fakat kontrol örnekleri tamamen yıkılmıştır. Çoğunlukla, yıkılmayan emprenyeli örneklerin uç kısımları kömürleşmiş, diğer kısımları yanmamıştır. Yanmayan kısımlarda ise film tabakası gibi, parlak, siyah bir görünüş ortaya çıkmıştır.

Alevli halde yanan emprenyeli örneklerdeki alev en fazla 25 dakika içinde tamamen sönmüştür. Kor halinde yanan emprenyeli örnekler çıtırıtılı sesler çıkartarak yanmıştır. Yanma esnasında ve sonrasında emprenyeli örneklerden dökülen kül, kömür vb maddelerden oluşan yığıntı kontrole göre daha az olmuştur.

3.2. Tartışma

Alev Kaynaklı Yanma

Alev kaynaklı yanmada, emprenye maddesi türüne göre, ortalama yanma sıcaklığı en yüksek %10 derişimdeki tanalith–CBC ile emprenyede 576.66°C olarak, en düşük ise %10 derişimdeki kolofan ile emprenyede 505.33°C olarak

tespit edilmiştir. Emprenye maddesi katılım oranına göre, yanma sıcaklığı en yüksek %0.6 katılım oranındaki CBC₁ tipi levhada 579°C olarak, en düşük ise %3.0 katılım oranındaki KLF₃ tipi levhada 493 °C olarak bulunmuştur (Çizelge 2). Varyans analizi sonuçlarına göre, yongalevhanın yanma özellikleri üzerine borik asit/boraks karışımı dışında, diğer emprenye maddelerinin katılım oranlarının etkileri önemsiz çıkmıştır (Çizelge 3). Duncan testi sonuçlarına göre, borik asit/boraks ile emprenyeli levha tipleri (emprenye maddesi katılım oranları) farklı homojenlik gruplarında yer alırken, diğer levha tipleri aynı homojenlik gruplarında yer almıştır (Çizelge 4). Korelasyon analizi sonuçlarına göre, bütün emprenye maddeleri için, emprenye maddesinin katılım oranı ile yongalevhanın alev kaynaklı yanma sıcaklığı arasında negatif ve önemsiz bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 5).

Alevli Yanma

Alevli yanmada, emprenye maddesi türüne göre, ortalama yanma sıcaklığı en yüksek %1.76 derişimdeki immersol-WR ile emprenyede 427.67°C olarak, en düşük ise %10 derişimdeki kolofanda 299.33°C olarak elde edilmiştir. Emprenye maddesi katılım oranına göre, yanma sıcaklığı en yüksek %0.3 katılım oranındaki IM₁ tipi levhada 459°C olarak, en düşük ise %3.0 katılım oranındaki KLF₃ tipi levhada 293°C olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 2). Varyans analizi sonuçlarına göre, bütün emprenye maddeleri için, yongalevhanın yanma özellikleri üzerine emprenye maddesi katılım oranlarının etkileri önemli çıkmıştır (Çizelge 3). Duncan testi sonuçlarına göre, bütün levha tipleri farklı homojenlik gruplarında toplanmıştır (Çizelge 4). Korelasyon analizi sonuçlarına göre, bütün emprenye maddeleri için, emprenye maddesi katılım oranı ile yongalevhanın alevli yanma sıcaklığı arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Bu ilişki alkid reçinesi, immersol-WR ve tanalith-CBC/borik asit/boraks maddeleri için önemsiz iken, diğer emprenye maddeleri için önemli olmuştur (Çizelge 5).

Kor Halinde Yanma

Kor halinde yanmada, emprenye maddesi türüne göre, ortalama yanma sıcaklığı en yüksek %10 derişimdeki tanalith-CBC'de ile emprenyede 162.67°C olarak, en düşük ise %10 derişimdeki kolofan ile emprenyede 106.33°C olarak bulunmuştur. Emprenye maddesi katılım oranına göre, yanma sıcaklığı en yüksek %0.6 katılım oranındaki CBC₁ tipi levhada 165°C olarak, en düşük ise %3.0 katılım oranındaki KLF₃ tipi levhada 103.37°C olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 2). Varyans analizi sonuçlarına göre, yongalevhanın yanma özellikleri üzerine borik asit, kolofan, alkid reçinesi ve immersol-WR maddeleri için, emprenye maddesi katılım oranlarının etkileri önemli bulunurken, boraks, tanalith-CBC, borik asit/boraks ve tanalith-CBC/borik asit/boraks maddelerinin etkileri ise önemsiz olmuştur (Çizelge 3). Duncan testi sonuçlarına göre, borik

asit, kolofan, alkid reçinesi ve immersol-WR levha tipleri farklı homojenlik gruplarını oluştururken, diğer levha tipleri aynı homojenlik gruplarını oluşturmuştur (Çizelge 4). Korelasyon analizi sonuçlarına göre, bütün emprenye maddeleri için, emprenye maddesi katılım oranı ile yongalevhanın kor halinde yanma sıcaklığı arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Bu ilişki boraks, kolofan ve alkid reçinesi için önemli olurken, diğer emprenye maddeleri için önemsiz çıkmıştır (Çizelge 5).

Yanma Sonrası Ağırlık Kaybı

Ağırlık kaybında, emprenye maddesi türüne göre, ortalama ağırlık kaybı en yüksek %5 derişimdeki borik asit ile emprenyede %73.65 olarak, en düşük ise %20 derişimdeki alkid reçinesi ile emprenyede %64.15 olarak tespit edilmiştir. Emprenye maddesi katılım oranına göre, ağırlık kaybı en yüksek %0.5 katılım oranındaki BR₁ tipi levhada %75.33 olarak, en düşük ise %3.0 katılım oranındaki AR₃ tipi levhada %62.25 olarak bulunmuştur (Çizelge 2). Varyans analizi sonuçlarına göre, boraks, kolofan, alkid reçinesi ve immersol-WR maddeleri için, yongalevhanın yanma sonrası ağırlık kaybı üzerine emprenye maddesi katılım oranlarının etkileri önemli iken, diğer emprenye maddelerinin etkileri önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3). Duncan testi sonuçlarına göre, boraks, kolofan, alkid reçinesi ve immersol-WR levha tipleri farklı homojenlik gruplarını teşkil ederken, diğer levha tipleri aynı homojenlik gruplarında toplanmıştır (Çizelge 4). Korelasyon analizi sonuçlarına göre, bütün emprenye maddeleri için, emprenye maddesi katılım oranı ile yongalevhanın yanma sonrası ağırlık kaybı arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Bu ilişki kolofan ve alkid reçinesi için önemli iken, diğer emprenye maddeleri için önemsiz bulunmuştur (Çizelge 5).

Yukarıda verilen bulgular ve tartışmalara göre;

Aynı derişimdeki tanalith–CBC ile kolofan maddeleri karşılaştırıldığında, tanalith–CBC'nin kolofan göre daha yanıcı özellik gösterdiği söylenebilir. Yanma sıcaklıklarının kolofanlı örneklerde düşük olması, kolofanın katılım oranının yüksek olmasından dolayı levha yoğunluğu arttığı için yanma olayının daha zor olmasından olabilir. Zira emprenye maddelerinin yongalevhanın yoğunluğunu artırdığı, buna bağlı olarak malzemenin daha güç yandığı belirtilmektedir (Lynam, 1969).

Alev kaynaklı yanmada, borik asit/boraks karışımının yongalevhanın yanma özelliklerini önemli ölçüde etkilemesi, bu iki maddenin, aynı derişim ve katılım oranında bir bor solüsyonu halinde birlikte kullanıldığında, daha iyi ve kalıcı bir etki yapmalarından kaynaklanabilir. Çünkü yangında yüksek sıcaklığa maruz kaldığında, boraksın alevin dağılmasını azaltma yönünde etki yaptığı, borik asitin ise yanmayı bastırma yönünde etki yaptığı belirtilmektedir (Hafizoğlu ve ark., 1994).

Emprenye maddesi katılım oranı arttıkça yongalevhanın yanma özelliklerinin iyileştiği söylenebilir. Bu iyileşmenin, istatistiksel olarak, alev

kaynaklı yanmada bütün maddeler için önemsiz olduğu gözlenmiştir. Alevli yanmada, borik asit, boraks, tanalith-CBC, borik asit/boraks ve kolofanlı levhalarda anlamlı iken, tanalith-CBC/borik asit/boraks, alkid reçinesi ve immersol-WR'li levhalarda anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Kor halinde yanmada, boraks, kolofan ve alkid reçineli levhalarda anlamlı iken, borik asit, tanalith-CBC, borik asit/boraks, tanalith-CBC/borik asit/boraks ve immersol-WR'li levhalarda önemsiz olduğu ortaya çıkmıştır. Ağırlık kaybında ise kolofanlı ve alkid reçineli levhalarda anlamlı iken, borik asit, boraks, tanalith-CBC, borik asit/boraks, tanalith-CBC/borik asit/boraks ve immersol-WR'lilerde önemsiz olduğu görülmüştür.

Emprenyeli levhalarda yanma mukavemetinin artması, yongalara yüklenen emprenye maddelerinin, ya yüksek sıcaklık ve basınç altında üre-formaldehit tutkalı ve/veya serleştirici amonyum klorür ile reaksiyona girerek sertleşmeyi artırmak suretiyle veya yanmayı engelleyen inorganik madde(ler) oluşturmak suretiyle yanma sırasında tutuşmayı ve alevlenmeyi geciktirip ateşin ilerlemesini engelleyen asitli gazlar veya eriyikler açığa çıkarmalarından, ya da yüzeylerde koruyucu bir kömür tabakası oluşturmalarından kaynaklanabilir. Çünkü kolofan ve alkid reçinesi vb su itici maddelerdeki reçine ve yağ asitleri gibi asidik maddelerin, formaldehit tutkalı ile reaksiyona girerek tutkalın sertleşmesini olumlu yönde etkilediği ileri sürülmektedir (Grigoriou ve Passialis, 1990). Yine, borik asit, boraks, tanalith-CBC gibi suda çözünen tuzlardaki asitli maddelerin, formaldehit ile reaksiyona girerek sertleşmeyi artırdıkları ve yanma sırasında, tutuşmayı geciktiren amonyak, sülfürik asit vb gazlar veya borat, kromat, sodyum vb eriyikler oluşturdukları bildirilmektedir (Bozkurt ve ark., 1993; Bozkurt ve Göker, 1985). Ayrıca, yanma mukavemetindeki bu iyileşme, emprenye maddelerinin yongalevha yoğunluğunu artırmaları nedeniyle yanma olayının daha zor olmasından olabilir (Lynam, 1969).

Yanma sırasında emprenye maddelerinin yanmayı engelleyen madde(ler) çıkarmak suretiyle, emprenyeli levhaları yanmaya karşı daha dayanıklı kıldıkları ve yanma ile meydana gelen ağırlık kayıplarını azalttıkları söylenebilir. Çünkü erime noktası düşük olan kimyasal maddeler veya bileşikler yüksek yanma sıcaklığının etkisinde kaldıkları zaman, bu maddelerin kömürleşmede katalizör etkisi yaparak ve yüzeyde camsı bir film tabakası oluşturarak yanmayı geciktirdikleri belirtilmektedir (Nussbaum, 1988; Richardson, 1978).

Genel olarak, her emprenye maddesi katılım oranı için, ortalama yanma sıcaklıkları ve ağırlık kayıpları, yani; yanma değerleri bakımından emprenyeli levhalar ile kontrol levhaları karşılaştırıldığında, emprenyeli levhaların yanma değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Bu değerler, kontrol levhası için, alev kaynaklı yanmada 627°C, alevli yanmada 474°C, kor halinde yanmada 168°C ve ağırlık kaybında %83.32 olurken, emprenyeli levhalar için, sırasıyla,

493–579°C, 75–183°C, 103–165°C ve %62.25–74.36 arasında dağılım yapmıştır (Çizelge 2). Emprenyeli levhalarda yanma değerlerinin düşük olması, emprenye maddesi katılım oranlarının, levhanın yanma mukavemetini iyileştirebilecek düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır.

Yanma sıcaklıkları bakımından, çalışmada elde edilen bulgular ile literatür karşılaştırıldığında, sonuçların uyumlu olduğu gözlenmiştir. Deneme levhalarının yanma sıcaklıkları alev kaynaklı yanmada 490–593°C, alevli yanmada 293–460°C ve kor halinde yanmada 103–165°C arasında değişirken, literatürde ise, bu değerlerin, sırasıyla, 275–756°C, 202–588°C ve 50–375°C arasında kaldığı tespit edilmiştir (Hafizoğlu ve ark., 1994; Syska, 1969; Örs ve ark., 2002).

Ağırlık kayıpları bakımından, araştırmada elde edilen bulgular ile literatür karşılaştırıldığında, benzer sonuçların olduğu görülmüştür. Çünkü yanma etkisinde bırakılan emprenyeli malzemedeki ağırlık kayıpları %9–94 arasında değişirken (Hafizoğlu ve ark., 1994; Syska, 1969; Örs ve ark., 2002), bu araştırmada ise sözkonusu kayıplar %62–73 arasında değişmiştir.

Alevli yanma süresi, çitirtılı yanma ve ağırlık kaybı bakımından literatür ile karşılaştırıldığında, benzer sonuçların alındığı görülmüştür. Literatüre göre, bir emprenye maddesinin yanmayı önleyici etkisinin kabul edilebilmesi için, gaz alevi söndürülüp, alev kaynağı ortamdaki uzaklaştırıldıktan sonra, emprenyeli malzemedeki alevin en fazla 30 dakika içinde sönmesi gerekmektedir (Bozkurt ve ark., 1993). Yanma sırasında, emprenyeli malzemede çitirtılı bir yanmanın olması, bu malzemede yanmayı önleyici madde(lerin) bulunduğunu göstermektedir (Hafizoğlu ve ark., 1994). Emprenyeli malzemede yanma sonrası ağırlık kaybı ile emprenye maddesinin koruyucu etkisi arasında ters bir bağlantı bulunmaktadır (Bozkurt ve ark., 1993). Çalışmamızda ise alev kaynağı olmadan alevli halde yanan örneklerdeki alev en fazla 25 dakika içinde tamamen sönmüştür. Kor halinde için için yanan örnekler çitirtılı sesler çıkartarak yanmıştır. Yanma esnasında ve sonrasında emprenyeli örneklerden dökülen kül, kömür vb maddelerden oluşan yığıntı daha az olmuştur. Bu azalmaya bağlı olarak da daha az kütle kaybı gerçekleşmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Emprenyeli levhaların yanma sıcaklıkları ve yanma sonrası ağırlık kayıpları kontrol levhasından daha az olmuştur. Emprenye maddesi katılım oranı arttıkça levhanın yanma sıcaklığı ve yanma sonrası kütle kaybı azalmıştır. Diğer bir ifadeyle, toplam yongalevha malzemeleri içinde emprenye maddesi katılım oranı arttıkça, kontrol levhasına göre, hem yongalevha daha az sıcaklık vererek yanmış, hem alevli ve kor halinde yanma daha kısa sürede tamamlanmış, hem de ağırlık kaybı daha az olmuştur.

Yanma sıcaklığı için, alev kaynaklı yanmada en yüksek değer (579°C) %10 derişim ve %0.6 katılım oranındaki tanalith–CBC ile emprenyede, en

düşük değer (493°C) %10 derişim ve %3.0 katılım oranındaki kolofan ile emprenyede bulunmuştur. Alevli yanmada en yüksek değer (459°C) %1.76 derişim ve %0.3 katılım oranındaki immersol-WR ile emprenyede, en düşük değer (293°C) %10 derişim ve %3.0 katılım oranındaki kolofan ile emprenyede saptanmıştır. Kor halindeki yanmada en yüksek değer (165°C) %10 derişim ve %0.6 katılım oranındaki tanalith-CBC ile emprenyede, en düşük değer (103°C) %10 derişim ve %3.0 katılım oranındaki kolofan ile elde edilmiştir. Yanma sonrası ağırlık kaybı için ise, en fazla kayıp (%75.33) %5 derişim ve %0.5 katılım oranındaki boraks ile emprenyede, en az kayıp (%62.25) %20 derişim ve %3.0 katılım oranındaki alkid reçinesi ile emprenyede gerçekleşmiştir.

Alev kaynaklı yanma göz önüne alındığında, emprenye maddesi katılım oranı bakımından borik asit/boraks karışımı yongalevhanın yanma mukavemetini önemli ölçüde etkilemiş, diğer emprenye maddelerinin etkileri ise önemsiz olmuştur ($p \leq 0.05$). Buna göre, yanmaya dayanıklı levha üretiminde, yongaların %2.5/2.5 derişim ve %0.5, 0.75 ve 1.5 katılım oranlarındaki borik asit/boraks karışımıyla emprenyesi önerilebilir.

Borik asit, boraks, tanalith-CBC veya bunların farklı karışım oranları kullanılmak suretiyle hazırlanan solüsyonlarla emprenye edilerek üretilen yongalevhalar hava kurusu rutubete sahip yerler için, özellikle de mantar ve böcek tahribatına maruz kalabilecek ortamlar için uygun olabilir. Aksi halde, levhaların yüzeyleri ve kenarları rutubet almayan maddelerle kaplanmalıdır. Kolofan, alkid reçinesi ve su itici katkılı immersol ile emprenye edilen yongalardan üretilen yongalevhalar ise LDN ve aşağısı rutubete sahip açık ya da yarı açık ortamlar için önerilebilir.

5. KAYNAKLAR

- Alma M H, Acemioğlu B 2006.** Borlu Bileşiklerin Ahşap Malzeme Korumadaki Yeri ve Önemi, [http://www.maden.org.tr /resimler/ekler](http://www.maden.org.tr/resimler/ekler) (Erişim tarihi: 15.03.2006).
- Aslan S, Özkaya K 2004.** Farklı Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ahşap Esaslı Levhaların Yanma Mukavemetinin Araştırılması. SDÜ Orman Fak. Dergisi Seri: A, Sayı: 2, ISSN: 1302-7085, 222-140.
- ASTM E 160-50, 1975.** Combustible Properties of Treated Wood by the Crib Test. American National Standard.
- Berkel A 1972.** Ağaç Malzeme Teknolojisi. II. Cilt, İ.Ü. Orman Fak. Yayınları No: 1745/183, s.183.
- Bozkurt Y, Göker Y 1985.** Yongalevha Endüstrisi. İÜ Orman Fakültesi Yayınları No: 3311/372, İstanbul.
- Bozkurt Y, Göker Y, Erdin N 1993.** Emprenye Tekniği, İÜ Orman Fak. Yayınları No: 3779/425, İstanbul.
- Ellis W D, Rowell R M 1989.** Flame-Retardant Treatment of Wood With A Diisocyanate and An Oligomerphosphosphate. Wood and Fiber Science. 21, 367-375.

- Furuno T 1991.** Combinations of Wood and Silicate: 1. Impregnation by Water Glass and Applications of Aluminum Sulfate and Calcium Chloride as Reactants. *Mokuzai Gakkaishi*, **37(5)**: 462- 472.
- Grigoriou A, Passialis C 1990.** Gum Rosin as Water Repellent Additive for Particleboard. *Holzforschung und Holzverwertung*, **5**: 93– 9 4.
- Hafizoğlu H. ve ark., 1994.** Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilmesi İmkanları. TUBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Projesi, TOAG–875, Trabzon.
- Hilado C J, Murphy R M 1979.** Fire Response of Organic Polymeric Materials (Organic Materials In Fire: Combustibility), Design of Buildings for Fire Safety: A Symposium ASTM Special Technical Publication Philadelphia, USA, pp. 76–105.
- Lee P 1989.** Study On Combustion Properties of Some Wood Based Materials Treated With Fire Retarding Coating By Oxygen Index Method. *Seul National Univ. J. of Agricultural Sciences*, 205–210, Korea,
- Lynam F C 1969.** Factors Influencing the Properties of Wood Chipboard in Particleboard Manufacture and Applications. Pressmedia Books Ltd, UK.
- Mitchell S 1993.** Fire performance of wood: Test Methods and Fire Retardant Treatment. In: Proceeding of the 4th Annual BCC Conference of Flame Retardancy, 18–20 May, Stamford.
- Nicholas D D 1973.** Wood Deterioration and its Prevention by Preservative Treatments, Vol. 1, Syracuse Univ. Press, New York.
- Nussbaum R 1988.** The Effect of Low Concentration Fire Retardant Impregnations on Wood Charring Rate and Char Yield. *Journal of Fire Science*.
- Örs Y, Sönmez A, Uysal B 1999.** Ağaç Malzemenin Yanmaya Dayanıklılığını Etkileyen Emprenye Maddeleri. *Tr. J. Agriculture and Forestry*, **23(2)**:389–394.
- Örs Y ve ark., 2002.** Çeşitli Maddelerle Emprenye Edilmiş Kokarağaç (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) Odununun Yanma Özellikleri. *Teknoloji*, Yıl 5, **1-2**: 61-70.
- Özen R 1980.** Yongalevha Endüstrisi. KTÜ Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No: 30, Trabzon.
- Richardson B A 1978.** Wood Preservation. The Construction Press, New York.
- Syska A D 1969.** Exploratory Investigation of Fire - Retardant Treatment for Particleboard. Forest Serv. Res. Nota US Forest Products Laboratory, No: FPL - 0201, Madison.
- TS 642, 1968.** Kondisyonlama ve/ veya Deney için Standard Atmosferler ve Standard Referans Atmosferleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uysal B 1997.** Çeşitli Kimyasal Maddelerin Ağaç Malzemenin Yanmayanımı Dayanıklılığı Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Var A A 2000.** Emprenye Edilmiş Yongalardan Üretilen Yongalevhaların Bazı Teknolojik Özellikleri. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldız Ü C 1988.** Çeşitli Ağaç Türlerinde Su Alımının ve Çalışmanın Azaltılması. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.