

TUTKAL HATTINA KATILAN SODYUMBORAT ÇÖZELTİSİNDE BAZI AĞAÇ TÜRLERİNİN YANMA DİRENCİNİN BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF FIRE RESISTANCE IN SOME OF THE WOOD TYPES WITH THE SODYUMBORAT SOLUTION ADDED TO GLUE LINE

Ali Rıza ARSLAN^{a*}, Şemsettin DORUK^b, Suat AYAN^c

^a Gazi Ün., TEF., Mob. Dek. Böl., ANKARA, TÜRKİYE, E-posta: ararslan@gazi.edu.tr

^b Gazi Ün., TEF., Mob. Dek. Böl., ANKARA, TÜRKİYE, E-posta: sdoruk@gazi.edu.tr

^c Gazi Ün., TEF., Mob. Dek. Böl., ANKARA, TÜRKİYE, E-posta: sayan@gazi.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Sarı Çam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), Sapsız Meşe (*Quercus petraea* Lieble) ve Kestane (*Castanea sativa* Mill) odunlarından elde edilen lamine papeler kaplamaların melamin formaldehit tutkalı kullanılarak, tutkalın katı madde miktarının %2,5'lük sodyum borat çözeltisi tutkala karıştırılmıştır. (TS EN 386 ve TS 3891) Elde edilen 7 katmanlı lamine ağaç malzemenin ve kimyasal maddenin yanmaya karşı etkinliği (ASTM E 160-50) belirlenmiştir.

Test sonuçlarına göre en düşük yanma sıcaklıkları tutkalı sodyum borat çözeltisi alev kaynaklı yanmada (AKY) Sarıçam ağacında (419,5°C), kendi kendine yanmada (KKY) Kestane ağacında (323,9°C), kor halinde yanma (KHY) aşamasında Sapsız Meşe ve Kestane ağaçlarında göstermiştir. Sonuç olarak, sodyum boratın bütün yanma kriterlerinde iyileşmelere sebep olduğu, özellikle kayın ve kestane etkili bir yanmayı geciktirici özellik gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Emprenye, Sodyum borat, Ağaç malzeme, Yangın geciktiricilik

Abstract

In this study, melamine formaldehyde adhesive of lamine papeler coverings prepared from Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), oriental beech (*Fagus orientalis* L.), sessile oak (*Quercus petraea* Lieble) and chestnut (*Castanea sativa* Mill) woods were mixed with 2,5% sodium borate solution of adhesive solid substance (TS EN 386 and TS 3891). The resistance to fire of chemical substance on the laminated wooden material with 7 layers was determined according to ASTM E 160-50.

According to the test results, the best result for adhesive with sodium borate solution was obtained from the chestnut wood in burning with sourced blaze (%6,1), sessile oak wood in spontaneous burning, sessile oak and chestnut woods in a glow. Consequently, it was determined that sodium borate gave the rise to improve all

burning criteria. It specially causes to retard the fire in chestnut and oriental beech.

Keywords: Impregnated, Sodium Borate, Wooden Material, Fire Retarder

1. Giriş

Lamine ahşap; kesme, soyma ve biçme yöntemleri ile elde edilen ağaç levhalarının aralarına yapıştırıcılar sürülerek düz ya da kalıp içerisinde sıcak veya soğuk preslenmesiyle elde edilmektedir (TS 11878). Odun laminelerinin lifleri paralel olacak şekilde birbirine yapıştırılması ile elde edilen lamine elemanlara yapı elemanı denilmektedir [1].

Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi, kusurlarından arındırılması ve eğri formlu imalatlarda diyagonal liflilik oluşmaması için laminasyon tekniği kullanılmaktadır. Laminasyon tekniği ile yüksek kalite ve istenilen formda LAMEL üretmek mümkündür. Bu malzemenin masif ağaç malzemeye göre birçok avantajları vardır [2].

Lamine yöntemiyle, küçük boyutlu ağaç malzemenin istenilen boyutlarda lamine ağaç malzeme (laminated veneer lumber: LVL veya MICROLAM) üretilmekte ve böylece büyük açıklıklar kirintisiz geçilebilmektedir. Lamine ağaç malzeme üretiminde kullanılan ağaç malzemedeki budak, lif dönüklüğü gibi kusurlar giderildiğinde kalitesinin de arttığı bildirilmektedir [3].

Ağaç malzeme, kullanım yerinde çevresel faktörler, bakteri, mantar ve böceklerin biyolojik yıkımlaması ile yangın gibi kimyasal bozundurma etkilerine maruz kalmaktadır. Bu bakımdan ağaç malzemenin yanmaya karşı direncinin artırılması için kimyasal maddelerle emprenye edilmiş olması birçok kullanım yerinde zorunlu görülmektedir [4]. Ağaç malzeme direkt olarak yanmaz, alevli yanma öncesinde piroliz yer alır. Şartlar bu şekilde devam etmesi durumunda ağaç malzeme, tamamen inorganik kalıntı olan küle dönüşüncüye kadar pirolize devam eder [5]. Kendi kendine tutuşabilmesi için sıcaklığın 275°C'ye çıkarılması gerekmektedir. Selülozdaki piroliz 350°C'de başlar. Piroliz sonucu açığa çıkan gazlar birbirleriyle ve oksijenle reaksiyona girerler, bunun

sonucunda tutuşma ve yanma başlar [6]. Bir yapının yanma direnci, ağaç malzemenin yanmaz hale getirilmesi yolunda yapılacak işlemlerle artırılabilir. Bu işlemler, yangında yapılardaki alev yayılmasının önlenmesi için de gereklidir [7].

Borlu bileşiklerin sulu çözeltileri ağaç malzemeye çok iyi nüfuz edebilmektedir. Çeşitli emprenye maddeleriyle sarıçam, kayın, ladin ve kızılçam odunları emprenye edilmiş, %13'lük borik asit+boraks karışımının bütün türlerde en yüksek retensiyonu sağladığı ortaya konmuştur [8].

Borik asit ve sodyumperboratın sulu çözeltileri ile bor tuzları+su itici monomerler (SIM) şeklinde uygulanan kombinasyonların odunun yanma direncini artırdığını, su itici monomerlerin ise yanmada yıkılmaya kadar geçen süreyi uzattıkları belirlenmiştir [9].

Borlu bileşiklerin ağaç malzemenin yanma özelliklerini iyileştirdikleri bilinmekle birlikte, melamin formaldehit gibi çeşitli reçine kombinasyonlarıyla kullanıldıklarında ağaç malzemenin çalışması ve emprenye kimyasalının yıkanmasını engellemede de başarı sağladıkları ortaya konmuştur [10].

Borlu bileşikler ısıtıldıklarında bir parlama aşamasına gelirler. Hücre lümenlerini blokladıkları için yangının sebep olduğu dekompoze bileşenlerin çıkışını engellerler, böylece yanma geciktirilir. Borat bileşikleri termal yıkım ürünlerinin hareketini engeller, bu bileşikler suyun kristalizasyonu ve sulu, tutuşabilir termal yıkım ürünü gazlar yüzünden suyun ısınarak buharlaşması sebep olurlar ve endotermik bir etkiye sahiptirler [11].

Yangın geciktiriciler, levha ürünlerini korumada da etkinlik gösterirler. Masif ağaç malzeme ve kontrplaka, %7.5'lük boraks+borik asit emrenyesiyle 48 kg/m³ retensiyon ve 1. sınıf yangın geciktiricilik kazandırılırken, %5'lik karışım çözeltilsinin ancak 2.sınıf bir koruyuculuk sağladığı belirtilmiştir [12].

Kızılçam (Pinus brutia Ten.) odunu örnekleri sodyum perborat, sodyum tetra borat, imersol (IWR 2000) ve tanalith-CBC (T-CBC) maddeleri ile daldırma metoduna göre emprenye edildikten sonra polivinil asetat (PVAc) tutkalı kullanılarak 3 katmanlı lamine ağaç malzeme üretilmiştir. ASTM-E 69 standardında belirlenen esaslara uyularak deney örneklerinin yanma özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; T-CBC çözeltisi yanmanın ilk aşamasında geçici bir süre geciktirici etki göstermesine rağmen, alev kaynağının devam etmesi nedeniyle yanmaya karşı direnci azalmıştır. Borlu maddeler yanmaya karşı daha fazla direnç göstermiştir. Bu sonuçlar ışığında, ağaç malzemenin yanmaya maruz kalacak yerlerde, özellikle sodyum tetra borat veya I-WR 2000 çözeltileri ile işlem gördükten sonra kullanılması halinde hizmet süresinin artacağı belirtilmiştir [13].

Üç tabakalı üretilen lamine ağaç malzemenin dış tabakalarında sarıçam kullanılmak kaydı ile, orta tabakalarında sarıçam, ak dut, sapsız meşe, Uludağ göknarı ve küçük yapraklı ıhlamur odunları kullanılarak yapılan yanma deneyinde; yanma sıcaklıklarına göre; alev kaynaklı ve kendi kendine yanmada en fazla sıcaklık değerini kontrol örnekleri vermiştir. Lamine örnekler de ise daha düşük sıcaklık vermiştir. Bu durum kullanılan yapııştırıcının yanmayı belirli oranda azalttığı şeklinde değerlendirilmiştir [2].

Çeşitli form veya şekiller verilerek bir çok alanda kullanılan lamine ağaç malzemeye zarar veren faktörlerden biriside yangınlardır. Lamine elemanların yangınlara karşı uzun süre direnç gösterebilmesi için bazı kimyasallar ile işlem görmesi halinde hizmet süresinin de artacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada; özellikle dış ortam şartlarına maruz kalan mobilya ve ahşap elemanlarının yapımında yaygın olarak kullanılan sarıçam, Doğu ayını, Kestane ve Sapsız meşe odunlarından soyma yöntemi ile üretilen lamine ağaç malzemenin sodyum borat çözeltisi tutkala karıştırılarak elde edilen laminasyon malzemenin yanma özelliğinde meydana gelen değişmelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Ağaç Malzeme

Deneyisel çalışma için, sarıçam (Pinus sylvestris L.), Doğu kayını (Fagus orientalis L.), sapsız Meşe (Quercus petraea Lieble) ve kestane (Castanea sativa Mill) türleri kullanılmıştır. Lamine ağaç malzeme üretiminde, deney örnekleri için gerekli 2 mm kalınlığındaki masif papel kaplamalar Ankara'daki kereste işletmelerinden rasgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir. Temin edilen papel kaplamaların kusursuz, renk ve yoğunluk farkı olmayan düzgün lifli, yıllık halkaları yüzeye dik gelecek şekilde olmasına dikkat edilmiştir.

Yangına karşı koruyucu ile işlem görmemiş lamine masif ağaç malzemenin ateşten etkilenmesi 1,3 mm/dak derinliktedir. Emprenye edilmiş lamine elemanlarda ise ateşten etkilenme 0,5 mm/dak. ya düşmektedir. Emprenye maddesi olarak yangına ve böceklere karşı sudan etkilenmeyen inorganik tuzlar ve çözücü esaslı organikler (amonyum sülfat, diamonyum fosfat, alüminyum klorür, alüminyum sülfat, çinko borat, boraks, klorid vb.) kullanılmaktadır [14].

2.2. Tutkal ve Emprenye Maddesi

Melamin formaldehit reçineleri toz halinde üretilbileceği gibi çoğunlukla sıvı halde veya solvent bazlı olarak üretilir. Dekor kağıdı emprenyesinde kullanılan reçine berrak, renksiz ve sıvı halde olup katı madde miktarı (ağırlıkça) %53±1, su toleransı 1/1.2, yoğunluğu 1.21-1.24 g/cm³ (20°C), viskozitesi 40-80 sn/Din cup/4 mm 20°C, pH değeri

9.0-9.6 (20°C), yüzeye uygulama miktarı 150-200 g/cm³, depolama süresi (kullanıma hazırlandıktan sonra 20-25°C'de) 15 gün, yüksek sıcaklık ve preste 5-15 dakikada sertleşmektedir. Üretici firma tutkalını Polimin 53 olarak isimlendirmektedir.

Melamin formaldehit reçinesi şeffaf ve dış etkilere dayanıklıdır. Genellikle bazı yardımcı katkı maddeleri ile beraber, reçine olarak ise tek başına kullanılır. Ancak bazı kullanım yerlerinde maliyeti aşağıya çekebilme ya da farklı teknik nedenlerle üre formaldehit reçinesi ile karıştırılabilir.

Yapıştırılacak yüzeylere 150–200 g/m² olacak şekilde tutkal sürülmüştür. Deney örneklerine 80°C' de 1.4 N/mm² basınç altında 20 dakika pres basıncı uygulanmıştır.

Çalışmada emprenye maddesi olarak Ulusal Bor Araştırma Enstitüsünce üretilen sodyum borat (Na₂ B₁₀ O₁₆.10H₂O) kimyasalı kullanılmıştır. Sodyum borat yüksek oranda bor içeren bir kimyasal olup, 20°C 'lik oda sıcaklığında %16 oranında çözülebilme yeteneğine sahiptir. Toz halde üretimi yapılan sodyum borat, 700kg /m³ dökme yoğunluk ve nötr pH tadır. pH'ı istenildiği takdirde 7–8 arasında bir değerde ayarlanabilir. Bileşiğin molekül ağırlığı 590 g/mol dır. Borik asit, bileşiğin moleküler ağırlığının yaklaşık olarak %58'ini oluşturmaktadır.

2.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Melamin formaldehit tutkalı içerisine tutkalın katı madde miktarı %2,5'lük olacak şekilde sodyum borat karıştırılarak papel kaplamalar yapılmıştır. Kontrol numuneleri sodyum boratsız olarak elde edilmiştir. Daha sonra 13x13x76 mm (RxTxL) boyutlarında her ağaç ve işlem türü için 72'şer adet (4x2x72) olmak üzere toplam 576 adet deney örneği hazırlanmıştır.

2.4. Yanma Testleri

Yanma deneyleri ASTM E 160–50 standardına göre yapılmıştır. Yanma test ve kontrol örnekleri yakma işlemi öncesinde sıcaklığı 20±2°C ve %bağıl nemi 65±3 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmişlerdir. Deneyde her gruptaki 24'er örnek 12 kat kare prizma halinde dizilerek yakılmıştır. Yakma işlemi boyunca AKY'da gaz basıncı standartta belirtildiği düzeyde sabit tutulmuş, yanma deneyi parametreleri, alev kaynaklı yanma (AKY), kendi kendine yanma (KKY) ve kor halinde yanma (KHY) olarak üç yanma aşaması için ölçülmüştür. Tüm veriler kontrol grubu değerlerine oranlanmıştır [15].

2.5. İstatistiksel Değerlendirmeler

İstatistiksel değerlendirmelerde, her bir yanma gurubunun ortalama değerleri veri olarak kullanılmıştır. Veriler, SPSS istatistiksel değerlendirme programında, çoklu varyans analizleri (MANOVA) uygulanmış ve gruplar arası fark

önemli çıktığında, Duncan testi ile ortalama değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları, en küçük önemli fark (LSD) kritik değerine göre homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir.

3. Bulgular

3.1. Yanma Testi Sonuçları

Yanma testlerinin ağırlık kaybı değerlerine ilişkin yüzdelik ortalama değerler Tablo 1'de ve Şekil 1'de verilmiştir.

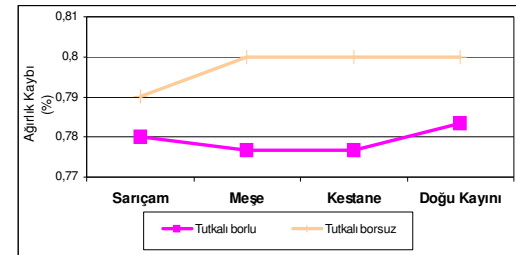
Tablo incelendiğinde ağaç türlerine göre en yüksek ağırlık kayıplarının kontrol örneklerinde gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 1. Ağaç ve işlem türü etkileşimine göre ağırlık kaybı ortalamaları, yıkılma anı ve yıkılma çeşidi sonuçları

Ağaç türü	İşlem türü	Ağırlık kaybı (%) Ort.	Yıkılma Anı (sn)	Yıkılma Çeşidi
Sarıçam	Tut. borlu	77,798	KHY 210*	**
	Kontrol	78,769	KHY 360*	Tam yık.
Sapsız meşe	Tut. borlu	77,593	KHY 210*	**
	Kontrol	79,928	KKY 150*	**
Kestane	Tut. borlu	77,314	-	Yık. yok
	Kontrol	79,826	KKY 120*	**
Doğu kayını	Tut. borlu	78,298	KHY 120*	**
	Kontrol	79,735	KKY 240*	Tam yık.

* Kendi kendine yanma aşamasında itibaren ... sn de yıkılma gerçekleşmiştir.

** Yıkılma başlangıcı olmasına rağmen tam yıkılma gerçekleşmemiştir.



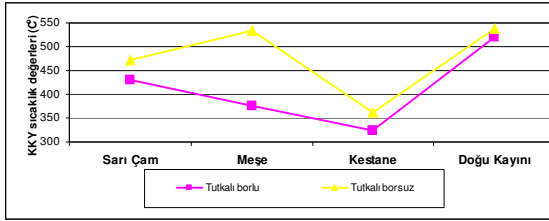
Şekil 1. Yanma sonucu oluşan ağırlık kayıpları (%)

Kontrol numunelerinde gözlenen ağırlık kaybı ile tutkala sodyum borat katılan numuneler arasında %1 - 3 farklılık bulunmaktadır. Tutkala hattında yer alan sodyum boratın tutkalin yanmasını engellendiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 1 incelendiğinde ise; tutkala katılan sodyum borat maddesinin Kestane ve Sapsız meşe ağaçlarında Doğu kayını ve Sarıçam'dan daha fazla yanmayı geciktirdiği görülmüştür. Bunun nedeninin; ağaçlardaki tanen yoğunluğundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sarıçam ve doğu kayınında yıkılma anı ve yıkılma türü sonuçları ağırlık kaybı sonuçlarını destekler niteliktedir. En iyi sonuçların elde edildiği tutkali borlu ağaç türleri örneklerinin hiçbirinde tam yıkılma gerçekleşmezken kontrol numunelerinden Doğu kayınında KKY aşamasında yıkılma gerçekleşmiştir (Şekil 3).

Yanma aşamaları sıcaklık değerlerine ilişkin çoklu varyans analizi Tablo 2'te, LSD testi sonucu oluşan ortalama ve homojenlik grupları ise Tablo 3'te Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 3. Ağaç türlerine göre kendi kendine yanma (KKY) aşaması sıcaklık değerleri (°C)

Tablo ve Şekil incelendiğinde, bütün emprenyeli örneklerinin AKY aşamasında oluşan sıcaklıkların ortalama olarak tutkali borlu örneklerde 459°C ve kontrol numunelerinde ise 453°C olduğu görülmüştür.

AKY aşamasında sıcaklık bakımından en olumlu sonucu tutkali borlu sarıçam örneklerinde (419°C), kontrol numunelerinde sarıçam örneklerinde (427°C) vermiştir. En olumsuz sonucu ise tutkali borlu Sapsız meşe örneklerinde (482°C), kontrol numunelerinde ise Kestane örneklerinde (491°C) vermiştir. Tutkali borlu numuneler ile kontrol numuneler arasında çok az da olsa bir farklılık göze çarpmaktadır. Ama bu farklılık istatistiki olarak anlamlı bulunmamaktadır (Tablo 2). Bundan dolayı önemsiz görülmüştür.



Şekil 3. Tutkali sodyum boratlı Kestane'de yıkılmanın olmaması

KKY aşamasında en düşük sıcaklık değerleri tutkali borlu Kestane örneklerinde (323°C), kontrol numunelerinde Kestane örneklerinde (361°C) vermiştir. En yüksek sıcaklık değerleri ise tutkali borlu Doğu kayını örneklerinde (519°C), kontrol numunelerinde ise Sapsız meşe örneklerinde (534°C) vermiştir. KKY aşamasında işlem türleri arasında özellikle Sapsız meşede önemli değişiklikler gözlenmiştir. Diğer ağaç türlerinde ise işlem türleri arasında istatistiki olarak farklılık olsa da aralarında fazla bir fark yoktur. İşlem türleri arasında Sapsız meşede kaynaklanan bu farkın tutkala katılan sodyum borat maddesinin yanmayı geciktirdiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yanmanın bu aşamasında en yüksek sıcaklık değerleri Doğu kayını ve sarıçam türlerinde gerçekleşmiştir.

Yanmanın son aşaması olan KHY aşamasında ise; bazı ağaçların bu noktaya ulaşmadığı ve bu noktaya ulaşabilenlerin ise özellikle tutkali borlu malzemelerin olduğu görülmüştür. Kontrol numunelerinde Doğu kayınında KKY aşamasında tam yıkılma gerçekleşmiştir. Tutkali sodyum boratlı ağaç malzemelerde kontrol numunelere göre duman yoğunluğunun daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Yanma aşamaları sıcaklık değerlerine (°C) ilişkin çoklu varyans analizi

AKY sıcaklık					
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-değeri	Önem Düzeyi
İşlem türü (A)	1	181,005	181,005	0,400	0,536
Ağaç türü (B)	3	9338,723	3112,908	6,872	0,003
Etkileşim (AB)	3	4632,149	1544,050	3,409	0,043
Hata	16	7247,952	452,997		
Toplam	24	5015284,414			
KKY sıcaklık					
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-değeri	Önem Düzeyi
İşlem türü (A)	1	25677,350	25677,350	26,905	0,000
Ağaç türü (B)	3	105766,777	35255,592	36,941	0,000
Etkileşim (AB)	3	17891,763	5963,921	6,249	0,005
Hata	16	15270,072	954,380		
Toplam	24	4914002,502			
KHY sıcaklık					
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-değeri	Önem Düzeyi
İşlem türü (A)	1	26021,963	26021,963	87,533	0,000
Ağaç türü (B)	3	24662,616	8220,872	27,653	0,000
Etkileşim (A*B)	1	2717,541	2717,541	9,141	0,019
Hata	7	2080,976	297,282		
Toplam	13	742393,874			

Tablo 3. Ağaç ve işlem türü etkileşimine göre yanma aşamaları sıcaklık (°C) ortalamalarının karşılaştırılması ve homojenlik grupları

Ağaç Türü	İşlem türü	Sıcaklık (°C)					
		AKY		KKY		KHY	
		Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
Sarıçam	Tutkalı borlu	419,5267	B	429,39	B	188,793	-
	Tutkalı borsuz	427,5	B	471,427	B	269,150	-
Sapsız meşe	Tutkalı borlu	482,4433	A	376,170	BC	*	-
	Tutkalı borsuz	437,75	B	534,583	A	247,817	-
Kestane	Tutkalı borlu	461,0567	A	323,900	C	*	-
	Tutkalı borsuz	491,2233	A	361,463	C	*	-
Doğu Kayını	Tutkalı borlu	472,5833	A	519,103	A	215,910	-
	Tutkalı borsuz	457,1667	AB	538,127	A	**	-

* KHY aşamasına geçmeden KKY aşamasında sönmüştür.
** KKY aşamasına tam yıkılma gerçekleşmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Lamine ağaç malzemenin yanma deneyi sonucunda en az kütle kaybı; sodyum borat ile işlem gören natürel örneklerde elde edilmiştir. Bu durum sodyum borat'ın yanmayı önleyici özellik taşıdığı şeklinde yorumlanabilir.

Çalışma yıkılma anına göre incelendiğinde en iyi sonucu hiçbir yıkılmanın olmadığı tutkalı sodyum boratlı kestane ağaç türünde görülmüştür. Diğer tutkalı borlu ağaç türlerinde ise yıkılma başlangıcı görülmesine rağmen tam yıkılma gerçekleşmemiştir. Aynı zamanda bu çalışmada sodyum boratlı ağaç malzemelerinin kontrol numunelere göre duman yoğunluğunun daha az olduğu

gözlemlenmiştir. Bunlarda yangında can ve mal güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunur.

KKY aşamasında en fazla sıcaklık değerini kontrol örnekleri vermiştir. Sodyum boratlı örnekler ise daha düşük sıcaklık vermiştir. Bu durum kullanılan sodyum boratın ağaç türlerine göre belirli oranda azalttığı şeklinde değerlendirilebilir.

Yukarıdaki verilen sonuçlardan sodyum borat empenye kimyasalının tutkala katılarak yanma olayını engelleme bakımından Doğu kayını, Sapsız meşe ve Sarıçam odunlarında oldukça etkili olduğunu söylenebilir. Laminasyon tekniği ile yapılan yapıştırma işleminde bu

ağaçlarda iyi sonuçlar verdiğiinden tutkala sodyum borat maddesinin katılması tavsiye edilmektedir.

Kaynaklar

- [1] TS EN 386, “Yapıştırılmış Lamine Ahşap- Performans ve Asgari İmalat Şartları”. Türk Stand. Enst., 1999.
- [2] Özen, R., Özçifci, A., Uysal, B., “PVAc Tutkallı Kullanılarak Yapıştırılmış Lamine Ahşap Yapı Elamanlarının Yanma Özellikleri”, Teknoloji, sayı:1-2, 139-148, 2001.
- [3] Stevens, W.C. and Turner, R., Wood Bending Handbook, Londra Baskısı, İngiltere, 5-12, 1970.
- [4] Le Van, S.L., Winandy, J.E. 1990. Effects Of Fire Retardant Treatments On Wood Strength: A Review, Wood And Fiber Science, 22 (1) 113–131.
- [5] Browne, F.L. 1958. Theories of The Combustion of Wood and its Control, Forest Products Laboratory, Forest Service U. S. Department of Agriculture, 1–3.
- [6] Hakkarainen, T., E. Mikkola, B.Östman, L.Tsantaridis, H. Brumer, P. Piispanen. 2005. InnoFireWood, State of The Art Report, VTT Technical Research Center of Finland, 11–14.
- [7] Richardson, B.A. 1978. Wood Preservation, The Constuction Press Ltd., Lancaster, 23 p.
- [8] Yalınkılıç, M.K.; Baysal, E., Demirci, Z., Peker, H., Sarıçam, Kayın, Ladin ve Kızılağaç Odunlarının Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilebilme Özellikleri, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi Cilt:2, Sayı:2, 147–156 s. 1996.
- [9] Yalınkılıç, M.K., E. Baysal, Z. Demirci. 1997. Bazı Borlu Bileşiklerin ve Su İtici Maddelerin Kızılağaç Odununun Yanma Özelliklerine Etkileri, Turkish Journal of Agriculture and Forestry 21, 423–431 s.
- [10] Baysal, E. 2002. Determination of Oxygen Index Levels and Thermal Analysis of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) impregnated with Melamine Formaldehyde-Boron Combinations, Journal of Fire Sciences, 20, 373 pp.
- [11] Nishimoto K. 1992. Mokuzai boukazai (Fire-retarding agent for wood). Mokuzai Hozongaku Nyumonn (Handbook of wood preservative science), Japan Wood Preserving Association (JWPA), p128–129.
- [12] LeVan, L.S. and H.C. Tran. 1990. The role of boron in flame-retardant treatments, Hamel, Margaret, ed. 1st International conference on wood protection with diffusible preservatives: Proceedings 47355; November 28–30; Nashville, TN. Madison, WI: Forest Products Research Society; 39–41.
- [13] Ayhan ÖZÇİFÇİ, Lamine Kızılağaç Ağaç Malzemenin Emprenye Sonrası Yanma Özellikleri, TEKNOLOJİ, Cilt 7, (2004), Sayı 1, 1-10
- [14] Hoyle, R. J., Woeste, F. E. 1989, Wood Technology in the Design of Structure, Iowa State University Pres, IA, pp.394, USA.
- [15] ASTM E 160–50, 1975. Standard Test Method For Combustible Properties of Treated Wood By the Criptest, ASTM Standards, 809–813.