
SERİ

B

CİLT

52

SAYI

1

2002

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



F.1

AĞAÇ MALZEMENİN YANMASI VE YANGINDA DİĞER YAPI ELEMANLARIYLA KARŞILAŞTIRILMASI

Ar. Gör. Semra ÇOLAK¹⁾
Doç. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU¹⁾
Prof.Dr.Nusret AS²⁾

Kısa Özet

Bu derleme çalışmada ağaç malzemenin sahip olduğu yanma özellikleri, diğer bazı yapı malzemeleri (çelik, beton) ile karşılaştırılarak açıklanmakta ve bu bakımdan ağaç malzemenin üstünlükleri ortaya konulmaktadır. Ayrıca bu malzemede yanmayı geciktiren kimyasallar hakkında bilgi verilmekte ve bu işlemlerin odun özelliklerine olan etkileri maddeler halinde sunulmaktadır.

Yapısal kullanım için özellikle deprem bölgesinde olan ülkemizde, ahşabın önemi gittikçe artış göstermektedir. Bu nedenle anılan malzemenin yangına karşı daha emniyetli bir şekilde kullanımı bakımından yurt içi bilimsel çalışmalara hız verilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yangın, Ağaç Malzeme, Yapı Malzemeleri

COMPARING THE BURNING OF WOOD MATERIAL WITH OTHER BUILDING MATERIALS IN CASE OF FIRE

Abstract

In this article, burning properties of wood material have been stated and compared with some other building materials (steel, concrete) and thus advantages of wood material have been determined. Additionally information about fire retardant chemicals within this material were given and effect of these processes on wood properties were presented.

For building uses, especially at the earthquake region of Turkey, importance of wood as a building material were increased day by day. For this reason, further investigation should be made for the safety uses of wood material versus fire.

Keywords: Fire, Wood Material, Building Materials

¹⁾ KTÜ, Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

²⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı

1. GİRİŞ

Üstün direnç özellikleri, işleme kolaylığı, işleme maliyetinin düşük olması ve estetik oluşu nedeniyle odun, gerek yapı malzemesi olarak gerekse mobilya üretimi ve binaların iç döşemelerinde dekoratif amaçlarla uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Temel özelliklerinin daha iyi anlaşılması ve odun endüstrisindeki gelişmeler, odunun yapı elemanı olarak kullanımını zaman içinde daha da ileri bir boyuta taşıyabilir. Bu özellikleri yanında odunun en önemli dezavantajı, doğrudan doğruya alev ve yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında tutuşması ve yanabilmesidir. Binalarda yangına karşı daha emniyetli kullanılabilmesi için odunun yangın geciktirici kimyasallarla muamele işlemi eskiden beri uygulanmakta olup, pek çok araştırmaya da konu olmaktadır.

Yanmayı geciktirme maksadı ile odun ilk kez M.S. I. Yüzyılda Romalılar tarafından, botlarını ateşe karşı korumak için, sirke ve şap çözeltileri ile muamele edilmiştir . Suda çözünen yangın geciktirici formülasyonlar; amonyum fosfat, amonyum-sulfat-amonyum klorit, amonyum klorit-boraks'ın selülozik liflere yeterli retensiyonlarda uygulandığında mükemmel sonuçların elde edildiği Gay Lussac tarafından 1820'de belirtildiği dönemlere dek uzanmaktadır (RICHARDSON 1993; APA 1989). Bugün kullanılan inorganik kimyasalların çoğu 1800-1870 yılları arasında belirlenmiştir. A.B.D. de ticari ve endüstriyel olarak oduna yanmayı geciktirici işlemlerin uygulanması, 1895'te Amerika Birleşik Devletler Donanmasının gemi konstrüksiyonlarında kullanılacak ahşap malzemeler için, hazırlanan bir genelgeden sonra başlamıştır. Endüstriyel uygulamalar bu genelge ve 1899 yılında on ikiden fazla kat içeren binaların pencere çerçeveleri, kemerler, iç kısımlarda kullanılan tahta ve döşemelerde yanmaya dayanıklı hale getirilmiş odun kullanımını gerektiren yasanın New York'ta kabulünden sonra hızlı bir şekilde artmıştır (APA 1989; EICKNER 1966).

Amerika da 1960'larda çeşitli inşaat yönetmelikleri ile çatı sistemlerinde yanmayan materyallerin yerine ve yapısal maksatlarla kullanımlarına izin verildikten sonra, çeşitli kimyasallarla işlenerek yanmaya karşı daha dayanıklı hale getirilmiş kontrplaklar tutuşmayan konstrüksiyonlar için önemli bir alternatif malzeme olmuştur. Bu gelişmeler yanmaya karşı korumak için kimyasallarla muamele edilmiş (FRT) kontrplaklar için daha geniş bir kabulü sağlamış ve FRT-kontrplakların kullanımı, bu faktörlerin değişiminin bir sonucu olarak çarpıcı bir şekilde artmıştır (STILL/LEVAN/SHUFFLETON 1991). Bir çok gelişmiş ülkede FRT-kontrplaklar genellikle yasaların düşük yüzey tutuşma kabiliyetine sahip malzeme gerektirdiği kullanım yerleri olan odaların iç düzenlemeleri, taban ve tavan döşemeleri, trabzan ve ahşap yangın kapılarında değerlendirilmektedir. Ayrıca bu ülkelerde ilgili yönetmelikler, çok konutlu binalar ve işyerlerinde yapısal amaçla (kolon, giriş) kullanılacak kontrplak ve kerestelerin yanmayı geciktirici kimyasallarla muamele edilmesini gerektirmektedir. Günümüzde; FRT-kontrplakların en önemli kullanım alanları içerisinde toplu konutların çatıları yer almaktadır.

2. YANGINDA AĞAÇ MALZEME VE DİĞER YAPI ELEMANLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Doğal halde odunun yanabilir olmasına karşın diğer yapısal materyale oranla yanma riskinin minimum düzeyde olduğu ve yangının ilk aşamalarında da olsa mükemmel direnç özellikleri gösterdiği bilinmektedir. Karşılaştırma yapılırsa; çelik erime noktasına ulaştığında

aniden çökerken, özellikle çelik kısımları çevreleyen ve demir aksamı içine alan beton, meydana gelen gerilim farkından dolayı çatlamakta veya parçalanmaktadır (HAFIZOĞLU / YALINKILIÇ / YILDIZ / BAYSAL / PEKER / DEMİRCİ 1994). Ancak burada kullanılan malzemenin boyut ve kullanım yerindeki tasarımının da etkili olabileceği dikkate alınmalıdır.

Ağaç malzemede termik genişleme katsayısı özellikle liflere paralel yönde çok düşük olup, örneğin iğne yapraklı ağaçlarda ortalama 4×10^{-6} dir. Bu katsayı çelikte üç kat daha fazla olarak 12×10^{-6} dir. Termik genişleme katsayısı yanında, ısı iletkenliğinin de yüksek olması nedeniyle, demir ve çelik kısa sürede genişterek uzamaktadır (HAFIZOĞLU / YALINKILIÇ / YILDIZ / BAYSAL / PEKER / DEMİRCİ 1994; İLHAN 1988). Odunun termal iletkenliği de oldukça düşük olup, çeliğin 0.4'ü, bakırın ise % 0.05'i kadardır. Odun; mantar, alçı ve diğer yalıtım materyalleri ile aynı iletim sınıfına dahildir. Odunun doğal ısı yalıtım özelliği, yanan dış yüzeylerden iç kısımlara doğru ısı transferini sınırlandırır. Odunda rutubet azaldıkça yalıtım özelliği ve kömürleşme oranı artar, odun kömürünün ısı iletkenliği normal odunun % 30-50'si kadar olup daha iyi bir yalıtıktır (RICHARDSON 1993). Demir ve çelik yapı kısımları yanmaz, fakat buna karşılık çok yüksek ısı iletkenliklerinin olması nedeni ile düşük sıcaklık derecelerinde dahi plastik deformasyona uğrayarak önemli sakinler gösterirler. Çelik ve alüminyum, ısı etkisi ile kısa bir zaman sonra sertliklerini ve dirençlerini kaybederler. Çelik 315-400°C, alüminyum 100-315°C ısı dereceleri arasında yumuşamaya başlar. Bu ısı dereceleri ise yangınlarda hemen kısa süre sonra oluştuğundan bu tür yapı kısımları taşıma güçlerini önemli ölçüde yitirmekte ve ani çökmeler meydana gelmektedir (İLHAN 1988). Bunun örneği 2001 yılında New York da ikiz kulelere yapılan saldırıda da görülmüştür.

Ağaç malzemenin binalarda kullanımında malzeme olarak yeterli kalınlıkta kullanılması durumunda, yüksek sıcaklık derecelerine ve yanmaya karşı dayanma göstermekte, yüzeyi kömürleştiği halde iç kısımları sağlam kalmakta, taşıma gücünü uzun süre önemli miktarda koruduğundan söndürme, can ve mal kurtarma faaliyetlerine zaman kazandırmaktadır (HAFIZOĞLU / YALINKILIÇ / YILDIZ / BAYSAL / PEKER / DEMİRCİ 1994).

3. AĞAÇ MALZEMENİN YANMASI

3.1 Tutuşma

Odun bütün organik materyaller gibi yüksek sıcaklığa maruz kaldığında kimyasal yapısındaki değişimle kömür ve gaz oluşturur. Odundan ayrılan gazlar hava ile karşılaştığında, sıcaklığa bağlı olarak bir alev varlığında veya alev olmaksızın tutuşabilir. Tutuşma (yanmanın başlangıcı), odun yüzeyinin kor haline gelmesi veya yüzeyde alev oluşumuyla ortaya çıkmaktadır (HOLMES 1974; HOLMES 1977).

Tutuşma sıcaklığı; odun türü, etkisi altında bulunduğu termal ve çevresel koşullarla ilgili bir dizi faktöre bağlıdır. Türler için faktörler; yoğunluk, rutubet miktarı, kalınlık ve yüzey alanı, yüzeyin absorbe etme özelliği, piroliz karakterleri, ısı iletkenliği ve ekstraktif içeriklerini kapsamaktadır. Tutuşma sıcaklığını etkileyen çevresel faktörler ise; ısıya maruz kalma süresi, ısıtma oranı, oksijen varlığı, hava sirkülasyonu ve havalandırma, açığıdaki odun elemanlarını çevreleyen boşluk geometrisi veya doluluk oranı, sıcaklık ve mevcut ısı enerjisi miktarı olarak belirtilmektedir. (HOLMES 1977).

Selülozik katıların tutuşma sıcaklıkları ile ilgili yapılan araştırmalarda ısıtmanın radyasyon veya konveksiyon yöntemiyle yapılmasına bağlı olarak tutuşma sıcaklığı için geniş bir aralık tespit edilmiştir. Bununla birlikte, literatürde odunun tutuşma sıcaklığı genellikle 200°C civarı olarak belirtilmekte (İLHAN 1988; HOLMES 1977), tutuşma riski olmaksızın uzun süreli maruz kalınabilecek en yüksek sıcaklık olarak da 66°C verilmektedir (HOLMES 1977).

3.2 Termal Degradasyon

Oda sıcaklığının üzerindeki sıcaklık derecelerinde ısıtılan ağaç malzemedeki ilk etki endotermal olarak oluşur. Hücre boşluklarındaki rutubet ısı etkisi ile dışarıya çıkmaya başlar, ısı yükselip 100°C nin üzerine çıktığında ise hücre çeperlerine bağlı su ve kimyasal yapı içindeki karbonhidratların bozunması ile meydana gelen suyun dışarıya çıkması devam eder. 100°C ye kadar suyun buharlaşmasıyla devam eden kuruma olayında malzemenin direnç özellikleri de artar. Ancak, 100°C nin üzerine çıkıldığında (117-127°C de) ise selülozun bozunması başlamaktadır (İLHAN 1988).

Odun ısıtıldığında, bir kısım kimyasal bağlar yaklaşık 175°C civarında kopmaya başlar ve sıcaklık artıkça reaksiyonlar hızlanır. Havanın mevcut olması durumunda 100°C den 200°C ye kadar ısıtıldığında, karbondioksit gibi tutuşmayan ürünler ve eser miktarda formik ve asetik asit oluşur. 100°C nin üzerinde karbonhidratlar yıkılmakta, katran ve çevreye difüze olan yanabilir bileşenler oluşmaktadır. 450°C üzerinde ise yanabilir ürünlerin oluşumu tamamlanır ve geriye artık ürün olarak kömür kalır. Selüloz 260-350°C ler arasında dekompoze olmaktadır ve bu durum uçucu yanabilir ürünlerin temel kaynağıdır. Selülozun termal degradasyonu su, asit ve oksijen varlığında hızlanır. Sıcaklık arttığında selülozun polimerizasyon derecesi daha da artar, serbest radikaller, karbonil, karboksil ve hidroperoksit grupları oluşur. Depolimerizasyona neden olan ilk reaksiyon glikozidik bağların kopmasıdır. Bilindiği gibi Glikozidik bağlar güçlü asitlerin varlığında oda sıcaklığında dahi hidrolize olabilirler. Hemiselülozlar 200-260°C ler arasında degrade olmaktadır. Hemiselülozların termal stabiliteleri selüloza nazaran çok daha az, tutuşmayan gaz miktarı daha fazla ve katran içeriği çok daha azdır. Odunun pirolizi ile ortaya çıkan asetik asit, hemiselülozların deasetilasyonlarına bağlanabilir. 200°C nin üzerinde yer alan dehidrasyon reaksiyonları, ligninin termal degradasyonunda ilk aşamadır. 150-300°C ler arasında α - ve β - aril-alkil-eter bağları kopar. 300°C civarında alifatik kenar zincirleri aromatik halkadan kopmaya başlar. Sonuç olarak ligninin yapısındaki C-C bağları 370-400°C arasında kopar. Böylece odunun degradasyonu, bileşenlerinin degradasyonun toplamı şeklinde ifade edilir (LEVAN, WINANDY 1990).

Alfa selüloz ve hemiselülozun toplamını içeren holoselülozun degradasyonu, odunun degradasyonunu oldukça yakın bir şekilde takip eder. Ligninin degradasyon periyodu holoselüloza nazaran daha erken başlamasına rağmen genellikle daha yavaş pirolize uğrar. Odunun degradasyonu, ligninin degradasyonuna oranla α -selüloz ve holoselüloz çiftinin degradasyonuna daha çok benzemektedir. Odunun % 50'sinin selüloz ve %75'nin holoselüloz olması dolayısıyla bu durum mantıklıdır.

3.3 Yanma Penetrasyonu

Bir odun malzemenin yanma penetrasyonuna karşı koyması veya yapısal fonksiyonunu sürdürdürebilmesi için gösterdiği dayanma yada her ikisi birden yaygın şekilde yanma dayanması olarak ifade edilmektedir (HOLMES 1977).

Yanma oranı ağırlık kaybı iken, kömürleşme oranı boyuttaki kayıptır. Büyük boyutlu yapı elemanları için kömürleşme oranı, boyutlarındaki kayıp olması sebebiyle, odunsu elemanın yapıdaki yükü taşımaya devam edebilmesi açısından oldukça önemlidir (RICHARDSON 1993).

Odun düşük termal iletkenliği ve yanma esnasında oluşan yalıtıcı kömür tabakasının özellikleri nedeniyle yanma penetrasyonu için mükemmel bir doğal dayanmaya sahiptir. Kömürleşen tabaka altındaki odun kısmının, orijinal odunun direnç özelliklerinin pek çoğunu korumaya devam ettiği ifade edilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda kömürleşme oranının artan tam kuru özgül ağırlık ve rutubet miktarındaki artış ile azaldığı tespit edilmiştir. Odunun teğet kesitinde kömürleşme oranının, yıllık halkaların yüzeye dik olduğu duruma göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca lif boyunca artan permeabilitenin kömürleşme oranını artırdığı bulunmuştur (HOLMES 1977).

3.4 Alev Yayılımı

Bir odun parçası yüzeyinde alevin yayılımı, bir alandaki yanmanın bitişik alan için tutuşmaya kaynak oluşturduğu gerçek bir tutuşma serisidir. Normal bir tutuşmada rutubet miktarı alev yayılımını etkiler. Bununla birlikte alev yayılımı, odunun kimyasal yapı ve yoğunluğuna da bağlı bulunduğu ifade edilmektedir (RICHARDSON 1993).

Tutuşabilen bir yüzey üzerinde alevin yayılımı, önemli bir yanma performans karakteristiğidir. Bu özelliği belirlemek için ASTM E 84'te belirtilen esaslara göre, örneğin alt yüzeyine yatay olarak yerleştirilen bir tutuşturucu pilot alev uygulamaktadır. Bu alev, yanabilen materyali pirolize uğratacak şekilde ısıtmakta ve ortaya çıkan yanabilir gazlar bu pilot alevin yardımıyla tutuşmaktadır. Alev yayılım sınıflandırması veya sayısı, örnek yüzey uzunluğu boyunca alevin yayılım süresinden hesaplanır. Alev yayılım sayısı; kırmızı meşe için 100, çimentolu yongalevha için sıfır kabul edilip oransal olarak çoğaltılabilir (HOLMES 1974; HOLMES 1977).

3.5 Kor Haline Gelme

Alev ile yanmanın devamı, ancak sıvı ve gaz fazların oluşmasıyla mümkündür (İLHAN 1988). Korlaşma; yanmakta olan odunun kömür tabakasındaki karbonun yandığının görünür bir kanıtıdır (HOLMES 1977). Burada karbon ile oksijenin birleşerek karbondioksit oluşturması iki aşamada meydana gelmektedir (İLHAN 1988; HOLMES 1977):



Birinci reaksiyon kömür yüzeyinde meydana gelir, ikincisi ise bir gaz fazı reaksiyonudur (HOLMES 1977). Yüzeydeki kömürleşme, yanma devam ederken 600-700°C de kendiliğinden oluşur. Kömürün tamamen yanmasına kadar kor haline gelme devam eder (İLHAN 1988).

3.6 Duman Oluşumu

Odun maddesinin yanması tamamlandığında, ısı ve ışıktan başka meydana gelen ürün: renksiz gazlar olan su buharı ve karbondioksittir. Ancak komple bir yanma, kontrollü koşullarda dahi olanaksızdır. Çünkü yanıcı gazların büyük bir kısmı da duman ile birlikte havaya uçmaktadır (İLHAN 1988). Tamamlanmamış yanma sonucu karbonmonoksit, metan, formik asit, asetik asit, glukozal, doymuş ve doymamış hidrokarbonları içeren diğer gazlar ve buharlar da mevcut olabilir (HOLMES 1977). Duman oluşumu, binalardaki yanma esnasında insan hayatı için en büyük tehlikeyi oluşturur. En tehlikeli duman, döşemelerde sıkça kullanılan sentetik malzemeler ve plastikten ayrışan ve mukayese edildiğinde odundan ayrışana göre daha zararlı olanıdır. Bu nedenle, yanmayı geciktirmek için oduna uygulanan koruyucu işlemler, yangın tehlikesinde duman oluşumunu artırmamalıdır.

4. YANMAYI GECİKTİRME

Odun endüstrisinde uygulanan yanmayı geciktirici kimyasal işlemlerin tümü, aynı temel teknik felsefeye dayanır. Bu işlemlerde kullanılan kimyasallarla, odunun yanma kimyası değiştirilerek alev yayılımı olmaksızın odunun kömürleşmesinin sağlanması, yanıcı gazların ayrışmasının ve ısı yayılımının azaltılması tasarlanır (STILL/LEVAN/SHUFFLETON 1991).

Literatürde yanmayı geciktirici mekanizmalar ile ilgili çeşitli teoriler mevcuttur. Bunlar (EICKNER 1966):

1. *Bariyer Teorileri:* Yanmayı geciktirici kimyasallar, fiziksel bir bariyer gibi oksijeninin maddeye ulaşmasını ve tutuşabilen bileşiklerin ayrışmasını engellemek suretiyle, hem kor hem de alev halinde yanmayı geciktirebilirler. Bu bariyerler aynı zamanda yanabilen maddeleri yüksek sıcaklıklara karşı izole ederler. Yaygın olarak kullanılan bariyerler: Sodyum silikat ve yüzeyde tabaka oluşturarak alev ile teması engelleyici (intumescent) kaplama maddelerini içerir.

2. *Termal Teoriler:* Yanmayı geciktirici kimyasallar; odunun ısı iletkenliğini artırarak (odun yüzeyinin, ısıyı yanmayı sağlayan kaynağa göre daha hızlı dağıtmasını sağlayacak şekilde) veya ısının kimyasal olarak absorbe edilmesini sağlayarak odun yüzeyindeki yanmaya engel olurlar.

3. *Yanmaz Gazlarla Seyreltme Teorisi:* Yanmayı geciktirici kimyasalların bozunmasıyla oluşan yanmayan gazlar, odunun pirolizi ile oluşan yanabilir gazları seyreltir ve yanmayan bir gaz karışımı oluşmuş olur. Örneğin Disiyandiamid ve Üre, aktif pirolizin başlama sıcaklığının altındaki sıcaklık derecelerinde yanmayan gazlar açığa çıkarılırlar. Boraks büyük miktarda su buharı oluşturur.

4. *Serbest Radikal Oluşturma Teorileri:* Yanmayı geciktiren kimyasallar; pirolitik sıcaklıklarda, yanabilen gaz-hava karışımının yanma oranını sınırlandıran bazı iyon radikaller açığa çıkarılırlar.

5. *Kömür Miktarının Artırılması/Uçucu Madde Miktarının Azaltılması Teorileri:* Yanmayı geciktirici kimyasallar, yanma sıcaklığını pirolizin meydana geldiği sıcaklıkların altına düşürerek, degradasyonu daha fazla kömür ve daha az uçucu madde oluşacak şekilde yönlendirirler.

6. *Uçucu Bileşiklerin Isı Miktarını Azaltma Teorileri:* Yanmayı geciktirici kimyasallar, yanabilen uçucu bileşiklerin ısı miktarını düşürürler. Isı miktarındaki bu azalma, kömür miktarı arttığında ve uçucu madde miktarı azaldığında meydana gelir.

Bu teorilerden 5. ve 6. teoriler daha fazla kömür, daha az uçucu miktarı ve daha düşük uçucu bileşen sıcaklığı sonuçları ile aynı fonksiyonları içeren ve en yaygın kabul gören mekanizmalar olup, kimyasal teori olarak adlandırılmaktadır.

4.1 Yanmayı Geciktiren Kimyasallar

Odunun yanmasını geciktirmeye yönelik pek çok kimyasal sistem mevcuttur. Yaygın olarak kullanılan yangın geciktirici kimyasallar; Mono- ve di- amonyum fosfat, Amonyum sülfat, Boraks, Borik asit ve çinko klorit gibi inorganik tuzlardır. İnorganik tuzlar iç mekânlarda değerlendirilecek odunlar için en yaygın kullanılan kimyasallar olup, özellikleri 50 yılı aşkın bir süredir bilinmektedir (WHITE/DIETENBERG 1999). Oduna uygulanan diğer bazı yanmayı geciktirici sistemler, organik bileşiklerin Fosfat tuzlarının oluşumu esasına dayandırılmıştır ve organik tuzlar olarak adlandırılmaktadır.

Yanmayı geciktirici pek çok formül, yıkanmaya karşı dayanıklı olmadığından bu formüllerle muamele edilen odun ürünlerinin dış maksatlar için veya yüksek bağıl nem koşullarında kullanımlarını sağlamak amacıyla, yıkanmaya karşı dayanımı iyileştirmeye yönelik çabalar devam etmektedir. Yıkanmaya karşı dayanıklı sistemler; Çözünmeyen kompleksler, Amino-reçine sistemleri ve odun içerisinde polimerleşen monomerler şeklindeki kimyasal karışımları içerirler (LEVAN/WINANDY 1990).

Ağaç malzemenin yanmaya karşı korunması amacıyla yaygın kullanılan bazı maddeler aşağıda açıklanmıştır.

Fosfor: En yaygın fosforlu yanmayı geciktirici kimyasallar Fosforik asit, Diamonyum ve monoamonyum fosfat içeren tuzlardır. Bu fosfatlar, hemen hemen bilinen en eski yanmayı geciktiriciler olup, genellikle tescilli maddelerdir. Organik bir bileşiğin Fosfat tuzu şeklindeki daha yeni yangın geciktirici sistemler, üre- fosforik asit organik tuzları gibi P-N bileşenleri içerir (LEVAN/WINANDY 1990).

Bor: Boraks ve borik asit, düşük erime noktasına sahip ve yüksek sıcaklıklarda şeffaf film şeklinde olan temel yanmayı geciktirici bileşiklerdir. Boraks, yüzeyin alev yayılımını azaltmakta ancak kor şeklindeki yanmayı artırabilmektedir. Bunun aksine Borik asit, kor şeklindeki yanmayı azaltırken alev yayılımı üzerine fazla bir etkiye sahip değildir (LEVAN, TRAN 1990). Bu nedenle bu kimyasallar genellikle birlikte kullanılmaktadır.

Alüminyum Trihidrat: Alüminyum trihidrat'ın yangın geciktirici olarak değerlendirilmesi, Alüminyum oksit ve suyun endotermik dehidrasyonuna dayanmaktadır. Tutuşma ısısının bir miktar absorplanması ve alev yakınındaki maddenin ısısının düşürülmesinde, hidrat ısı düşüren kimyasal bir madde olarak görev yapar. Alüminyum trihidrat, odun kökenli levhaların üretiminde yanmayı geciktirici olarak tek başına kullanılabilir. Ancak yapılan araştırmalar, diğer kimyasallarla birlikte kullanılması halinde daha etkili olduğunu göstermiştir.

4.2 Yıkanmaya Karşı Dayanıklı Yanmayı Geciktirici Kimyasallar

Suda çözünmeyen yanmayı geciktirici tuzlar, yıkanmaya karşı dayanmayı sağlayabilmek için geliştirilmiştir. Düşük higroskopik uygulamalar gerektiğinde bu tür muameleler bir alternatif olarak uygulanır. Bu suda çözünmeyen maddeler:

- Oduna empenye edildikten sonra polimerize olan reçineler,
- Selüloza direk olarak tutunan yanmayı geciktirici polimerlerdir (WHITE / DIETENBERG 1999).

Birinci tipteki maddeler; Üre, Melamin, Disiyandiamid ve bunlarla ilişkili bileşiklere dayalı bir Amino reçine sistemidir.

Amino Reçineleri: Amino reçine maddeleri; Üre, Melamin ve Disiyandiamid gibi bir Azot kaynağı ile Formaldehidin Metilol amin oluşturmak üzere reaksiyona girmesini gerektirir. Bu ürün daha sonra Fosforik asit gibi Fosforlu bir bileşik ile reaksiyona girer. Fosfor ve azot arasındaki mevcut etki nedeniyle, daha düşük konsantrasyonlarda her bir bileşenin tek başına sağladığı yanmayı geciktirici etkiye ulaşabilirler (JUNEJA/RICHARDSON 1974).

Amino reçine sistemlerinin bir avantajı, masif odun ve kompozit ürünlerine uygulanabilir olmasıdır. Odunun hidrolizini minimuma indirmeleri, yıkanmaya karşı dayanıklı olmaları, sıcak preslemede renk değişiminin görülmemesi, higroskopik olmamaları diğer bazı avantajlarıdır (VICK 1994).

Monomerler: Monomerlerle yapılan çalışmaların çoğu, tek başına veya diğer yanmayı geciktirici tuzlarla birlikte kullanılabilen organofosforlu bileşikler içermektedir. Araştırılan diğer monomerler, hidroksimetilfosfonium klorid ve hidroksimetilfosfonium klorid'in diğer tuzlarıdır.

4.3 Yanmayı Geciktirici Kaplama Maddeleri

Bazı uygulamalar için, yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin odun yüzeyine kaplayıcı olarak uygulaması, alternatif bir metot olarak kabul edilebilir. Bu maddeler, şişme-genişleme ve köpük oluşturma yoluyla ağaç malzemeye alev temasını önleyen ve ısı iletimini sınırlayan maddelerle (intumescent) muamele ve köpük tabakası oluşturmadan alevlenmeyi önleyen maddelerle muamele (non-intumescent) olarak iki kısma ayrılmaktadırlar (HAFIZOĞLU / YALINKILIÇ / YILDIZ / BAYSAL / PEKER/DEMİRCİ 1994; WHITE/DIETENBERG 1999). Yaygın olarak kullanılan "intumescent" kaplama malzemeleri, yangın esnasında genişlemiş düşük yoğunluktaki bir film şekline döner. Bu çok hücreli karbonlu filmler odun yüzeyinden yüksek sıcaklıklarda ayrışırlar. Bu tip formülasyonlar bir dehidratlanma elemanı, kömür oluşturan bir madde ve bir genişletme elemanı içerir. Mevcut dehidratlanma maddeleri poliamonyum fosfat içermektedir. Kömür oluşturan karışımlar; nişasta, glukoz ve dipentaeritritol'den oluşmaktadır. Genişletme elemanları ise üre, melamin ve klorinat parafinler içerir. "Non-intumescent" kaplama ürünleri ise diamonyum fosfat, amonyum sülfat ve boraks gibi suda çözünen tuz formüllerinden oluşur (WHITE/DIETENBERG 1999).

4.4 Yanmayı Geciktirici Kimyasalların Odun Özelliklerine Etkileri

Ağaç malzemenin yanma performansının geciktirilmesi, yanmayı geciktiren kimyasal madde işlemleri ile kolay bir şekilde sağlanabilir. Ancak pek çok işlem, odun özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir. Yanmayı geciktirici maddelerde işleme tabi tutulmuş odun, çoğunlukla higroskopik hale gelmekte ve mekanik özelliklerde düşüş görülmektedir. Yanmayı geciktiren kimyasallar tutkallanabilme, işleme ve boyama özelliklerini de etkilemektedir (OSTMAN/VOSS/HUGHES/HOUDE/GREXA 2001).

4.4.1 Direnç Üzerine Etkileri

Yanmayı geciktiren kimyasalların odunun direnç özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar, yüksek asiditeye sahip kimyasalların yüksek retensiyonlarda uygulanmaları sonucunda, süre ve sıcaklığa bağlı olarak odunda hidroliz etkilerinin ortaya çıktığını göstermiştir. Bununla birlikte, son zamanlardaki yanmayı geciktirici formülasyonlarda, nötralleştiren tuzlar ile birlikte kullanım neticesinde odunun direnç özellikleri üzerindeki olumsuz etkiyi minimize etmek hedeflenmektedir (EICKNER 1966).

Yanmayı geciktirici kimyasallarla işleme tabi tutulmuş odun ürünleri için olası direnç düşüşleri nedeniyle, yapısal amaçlar ve bağlantı elemanları için dikkate alınması gerekli yükün, işlem uygulanmamış oduna nazaran % 10 kadar azaltılması tavsiye edilmektedir.

Yapılan çalışmalar neticesinde direnç özelliklerinde en önemli düşüş, % 34'lük azalma ile çok direnci ölçümlerinde maksimum yükteki iş değerinde bulunmuştur. Ancak, bilindiği gibi maksimum yükteki iş değeri yapısal amaçlar için göz önünde bulundurulur (HOLMES 1974).

4.4.2 Higroskopik Özelliklere Etkileri

Özellikle inorganik tuzlarla emprenye edilen odun, yüksek bağıl nem koşullarında emprenye edilmemiş oduna göre daha higroskopiktir (HAFIZOĞLU / YALINKILIÇ / YILDIZ / BAYSAL / PEKER/DEMİRCİ 1994; VICK 1994). Emprenyeli odun için denge rutubet miktarındaki artış; kimyasal madde tipine, retensiyon miktarına, ağaç türü ve boyutlarına bağlıdır. 25 °C ve % 65 bağıl nem koşullarında yanmayı geciktirici maddelerle işleme tabi tutulmuş odun için rutubet miktarındaki artış; kullanılan kimyasal tipi ve daha önce bahsedilen koşullara bağlı olarak % 2.8 kadardır. 25 °C ve % 80 bağıl nem koşullarında ise rutubet miktarında artışın % 5'ten % 15'e kadar olabileceği belirtilmektedir (EICKNER 1966).

4.4.3 Korozyon Üzerine Etkileri

Korozyon; mevcut bağıl nem koşullarına, metal tipine ve kullanılan kimyasal maddenin retensiyonuna bağlıdır. Yanmayı geciktirici işlemlerin, ilksel bazı tipleri, odunun metallerle temas halinde olduğu durumlarda oldukça korozyondur. % 5 veya daha düşük oranlarda Sodyumdikromat gibi korozyon önleyici maddelerin kullanılması durumunda, çeşitli metallere karşı korozyon etkisi önemsiz bir düzeye düşürülmüş olur (EICKNER 1966). Bununla birlikte yanmayı geciktirici maddelerle muamele edilmiş odunlar, uzun süreli yüksek bağıl nem koşullarına maruz bırakılmamalıdır (HOLMES 1974).

4.4.4 Boyanabilirlik Üzerine Etkileri

Genellikle normal koşullarda bu önemli bir problem değildir. İstisnai olarak yüksek bağıl nem koşulları, boya filmlerinin adhezyonunu etkileyebilir veya odunun artan rutubet miktarı nedeniyle boya yüzeyinde kimyasal kristaller oluşabilir. Doğal veya temiz yüzey işlemleri genellikle daha önce işlem görmüş odunlara uygulanmaz. Çünkü kimyasallar, renk koyulaşması veya düzensiz lekelenmelere neden olabilir (HOLMES 1974).

4.4.5 İşlenebilme Üzerine Etkileri

İnorganik tuz kristallerinin aşındırıcı etkisi aletlerin ömrünü kısaltabilir. Tungsten-karbit uçlu veya aşındırıcı etkiye karşı dirençli benzer alaşımlar kullanılarak bu durum minimize edilebilir (EICKNER 1966; HOLMES 1974).

4.4.6 Tutkalanabilme Üzerine Etkileri

Odunun tutkalanma özelliklerinin inorganik tuzlar tarafından olumsuz şekilde etkilenmesi; tuzun kimyasal yapısına, pH'ına, konsantrasyonuna, tutkal tipi, tutkal uygulaması ve tutkalanma koşullarına bağlıdır. Genellikle yanmayı geciktirici maddelerle işleme tabi tutulmuş odunların dekoratif amaçlar için kullanımında elde edilecek yapışmalar memnuniyet vericidir (EICKNER 1966; HOLMES 1974).

5. SONUÇ

Yangın güvenliğine karşı artan ilgi nedeniyle pek çok ülkede mimarlar, inşaat şirketleri, sigorta şirketleri yetkilileri ve yapı malzemesi üreticileri, yapı malzemelerinin yanma performansı ve yangına karşı güvenliğin en etkin olarak nasıl sağlanabileceği üzerinde önemle durmaktadırlar. Konstrüksiyon amaçlı ağaç malzemelerin kullanımının fazla olduğu ülkelerde bu tür malzemelerin özellikle yanmaya karşı daha dayanıklı olması istenmektedir.

Tarihi 1800'lü yıllara dayanan ve pek çok ülkede yasa yada yönetmelik şeklinde uygulanan, özellikle odunsu yapı elemanlarının (kontrplak, LVL gibi) yangın geciktirici kimyasallarla muamelesi ülkemizde bu güne değin ciddi bir şekilde ele alınmış değildir. Oysa bir yandan hızla artan nüfus ve kentleşme, endüstri merkezlerine yığılmalar, diğer yandan Türkiye'nin bir deprem ülkesi olması ve son yıllarda yaşanan deprem felaketleri sonucunda büyük boyutlara varan konut sorunu düşünüldüğünde konunun ülkemiz açısından önemi daha büyük olmaktadır. ABD, Japonya, Fransa ve diğer Dünya ülkelerinin geçirmiş olduğu deneyimler çözümün sadece "endüstrileşmiş konut yapımında" yani prefabrik yapımında olduğunu ortaya koymuştur. Bu tür üretimlerde de odun malzemelerin, özellikle kontrplak, LVL ve OSB nin, kullanımı daha fazla olmaktadır.

KAYNAKLAR

RICHARDSON, B.A., 1993: Wood Preservation, E & FN Spon, an Imprint of Chapman & Hall, London.

APA, 1989: Fire-Retardant-Treated Plywood Roof Sheathing, General Information, October.

- EICKNER, H.W.,1966: Fire Retardant-Treated Wood, Journal of Materials, Vol. 1, No 3, 625-644.
- STILL, M.R., LEVAN, S.L., SHUFFLETON, J.D., 1991: Degradation of Fire-Retardant-Treated Plywood: Current Theories and Approaches, 1991 International Symposium on Roofing Technology, 517-522.
- HAFIZOĞLU, H., YALINKILIÇ, K.M., YILDIZ, Ü.C., BAYSAL, E., PEKER, H., DEMİRCİ, Z., 1994:Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma Endüstrisinde Değerlendirilme İmkanları, TOAG Projesi, Proje No: 875, Trabzon.
- İLHAN, R., 1988: Prefabrik Konut Yapımında Yangına Karşı Alınması Gereken Önlemler, Ahşap Malzemenin Korunması MPM Yayınları Yayın No: 338.
- HOLMES, C.A., 1974: The Fire Performance of Wood and its Improvement by Fire-Retardant Treatments, American Wood Preservers Association, 95-102.
- HOLMES, C.A., 1977: Effect of Fire-Retardant Treatments on Performance Properties of Wood. FPL, Approved Technical Article, 82-103.
- LEVAN, S.L., WINANDY,J.E., 1990: Effects of Fire Retardant Treatments on Wood Strength: A Review, Wood and Fiber Science, 22, (1), 113-131.
- WHITE, R.H., DIETENBERG, M.A., 1999: Fire Safety, Wood Handbook-Wood as an Engineering Material, FPL-GTR-113, Department of Agriculture, Forest Service, Madison.
- LEVAN, S.L., TRAN, H.C., 1990: The Role of Boron in Flame-Retardant Treatments, First International Conference on Wood Protection with Diffusible Preservatives, 39-41.
- JUNEJA, S.C., RICHARDSON, L.R., 1974: Versatile Fire Retardants From Amino-Resins, F.P.J., 24, 53-44.
- VICK, C.B., 1994: Phenolic Adhesive Boards to Aspen Veneers Treated With Amino-Resin Fire Retardants. F.P.J., 44, 33 – 40.
- OSTMAN, B., VOSS, A., HUGHES, A., HOUDE, P.J., GREXA, O., 2001. Durability of Fire Retardant Treated Wood Products at Humid and Exterior Conditions; Review of Literature, Fire and Material, 25, 95-104.