

Isıl İşlem Uygulanmış Ladin, Karaçam, Kayın ve Kavak Odunlarının Korozyon Özellikleri

Sibel YILDIZ^{1*}, Ahmet CAN¹

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, endüstriyel bir fabrikada ısıl işleme tabi tutulan ladin (*Picea orientalis*), karaçam (*Pinus nigra*), kayın (*Fagus orientalis*) ve kavak (*Populus deltoides*) odunu örneklerinin korozyon özellikleri ve pH değerleri araştırılmıştır. İğne yapraklı ağaç türleri; 212 °C ve 220 °C 'de, yapraklı ağaç türleri; 180 °C ve 190 °C 'de, 90 ve 120'şer dakika süreyle ısıl işleme maruz bırakılmıştır. Genel olarak artan ısıl işlem sıcaklığı ve süresi ile birlikte metal kaybı ve korozyon derinliğinde artış gözlenmiştir. Isıl işlem uygulanan her dört ağaç türüne ait pH değerlerinin kontrole oranla azalma gösterdiği ve asiditenin artma eğilimine girdiği kaydedilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Asidite, Isıl işlem, Korozyon, pH*

Corrosion Properties of Heat Treated Spruce, European Black Pine, Beech and Poplar Wood Species

ABSTRACT: In this study corrosion and pH properties of heat treated spruce (*Picea orientalis*), European black pine (*Pinus nigra*), beech (*Fagus orientalis*) and poplar (*Populus deltoides*) wood species were investigated. Softwoods were subjected to the heat treatment in an industrial plant at 212 °C and 220 °C for 90 and 120 minutes whilst hardwoods were heated at 180 °C and 190 °C for 90 and 120 minutes. Corrosion values were determined according to the TS 345 standard. Metal loss and depth of corrosion generally increased with increasing treatment temperature and duration. pH values of all heated samples decreased compared to the untreated samples and therefore, the acidity of the test samples tended to increase.

Keywords: *Acidity, Corrosion, Heat treatment, pH*

1. GİRİŞ

Yüzyıllar öncesinden bu yana insanoğlu ahşabı çeşitli ihtiyaçlarında kullanmak ve daha dayanıklı kılmak için birçok işleme tabi tutmuştur. Doğal kurutma, teknik kurutma, ısıtma, yakma, yağlama gibi metotlar ahşabın iyileştirmesi için günümüze kadar uygulanmış gelen basit yöntemlerden bazılarıdır. Bu yöntemlerin gelişmiş teknolojilerle modernize edilmiş hali olarak nitelendirebileceğimiz ısıl işlem uygulaması; hızlı büyüyen ve dayanıklılığı düşük olan iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerinin kalitesini yükseltmek bakımından ekonomik ve çevre dostu bir seçenek olarak görülmektedir. 1990 yılından bu yana ısıl işlem üzerine yapılan kapsamlı araştırmalar sayesinde Thermowood ticari bir ürün olarak orman ürünleri pazarındaki yerini almıştır. Endüstriyel ölçekte ısıl işlem süreci ve Thermowood ticari ismi, Finlandiya endüstrisinin Finlandiya araştırma merkezi (VTT) ile yaptığı ortak çalışmalar sayesinde ortaya çıkmıştır (Yıldız 2002).

Thermowood; ahşabın yüksek derecede ısı (180°C ve 212 °C) ve su buharıyla termal olarak modifiye edilmesiyle elde edilen bir üründür. Bu işlem; ahşabın cins, kalınlık ve başlangıç rutubeti gibi bazı değişkenler dikkate alınarak 48-96 süre ile uygulanmaktadır. İşlem üç safhadan oluşmaktadır. Bunlar; kurutma (Isı ve buhar kullanılarak fırın sıcaklığı

hızlı bir şekilde 100 °C'ye çıkarılır. Sonra, kurutma işlemi için ısı 130 °C'ye yükseltilir ve ahşaptaki nem içeriği yaklaşık 0'a düşer), thermowood (fırın içerisindeki sıcaklık 185 °C ve 215 °C arasında artırılır. Hedeflenen seviyeye ulaşıldığında son kullanım uygulamasına bağlı olarak sıcaklık 2-3 saat sürekli sabit kalır) ve kondisyonlama (su spreyi ile ahşabın ısısı 50 °C-60 °C'ye düşürülür ve ahşabın nemi % 4-6 ya ulaşmaya kadar işleme devam edilir) safhalarıdır (URL-1 2011).

Doğal ortamda yetişen bir malzeme olan ahşap dış ortamda bulunan birçok faktörden (UV ışınları, rutubet, yağmur, kar, nem, çığ, rüzgar, sıcaklık, O₂, kirletici gazlar) etkilendiği gibi korozyondan da etkilenmektedir. Yapısal amaçlı kullanılan ahşap malzemenin montajı sırasında kullanılan çivi ve vidalarda rutubet nedeniyle korozyon meydana gelmekte bu durum da binalarda ciddi yıkımlara neden olabilmektedir (Can, 2011). Geleneksel anlamda korozyon metal ve alaşımlarının çevreleri ile kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonları sonucu bozunmalarını ifade etmektedir. Ancak yeni bulgular metal olmayan malzemelerin de çevresel koşullardan benzer biçimde etkilendiklerini ortaya koymaktadır. Korozyon bir yüzey olayıdır. Yani metal ile ortamın temas yeri olan ara yüzeyde oluşur (URL-2 2011). Korozyon metalik malzemelerin uğradığı bir hasar, bir zarardır. Gerek can güvenliği gerekse de ekonomik açıdan her ülkenin büyük kayıplara uğramasına neden olur. Örneğin; uçaklarda bazı önemli parçaların korozyon nedeni ile kırılması (korozyonlu yorulma,

*Sorumlu Yazar: Sibel YILDIZ, sibelyildiz@gmail.com

gerilimli korozyon çatlama gibi nedenlerle) uçağın düşmesine neden olabilmektedir. Korozyon dünyadaki sınırlı metal kaynaklarının en önemli israf nedenidir. Her yıl üretilen metalik malzemelerin yıl sonuna kadar yarıya yakını korozyon nedeni ile kullanılmaz hale gelir. Devre dışı kalan metalik malzemeler hurda olarak kısmen değerlendirilebilir de üçte biri bir daha geri kazanılamamak üzere kaybedilir. Korozyon ortamı kirletir ve ayrıca kirli ortam metal korozyonunu hızlandırır. Metal kaybı yeni metal üretimini zaruri kılar ve dolayısı ile üretimleri esnasında atmosferin ve suyun kirliliğine olan katkı artar (URL-2 2011).

Odun doğal olarak korozyona açık bir materyaldir ve maruz kaldığı ortama ya da uygulanan modifikasyona göre daha da korozif bir hale gelebilmektedir. Odundaki asidite pH değeri ile yakından ilgilidir. Genel bir kural olarak pH değeri 4'ten az olan odunlar oldukça koroziftirler. İyi kurutulmuş bir odunun

rutubeti % 16-18 arasındadır. Eğer odun ıslanırsa her ne kadar iyi kurutulmuş olursa olsun herhangi bir sıcaklıkta özellikle de yüksek sıcaklıklarda korozyona açık hale gelebilmektedir. Korozyonla mücadele açısından yangın geciktiricilerle muamele edilmiş odunun paslanmaz çelik veya plastik kaplı çelik ile muamelesi tavsiye edilmektedir. Eğer odun CCA kimyasalı ile muamele edilmişse bağlantı elemanları takılmadan önce en az 1 hafta süreyle bekletilmesi istenmektedir (Anonim 1979).

Odundaki asit miktarının bilinmesi, ağaç malzemenin kullanım yeri için önemlidir. pH'sı düşük olan malzemede metal korozyonu ortaya çıkabilir. Bu nedenle, metallere birlikte kullanılacak ağaç malzemenin dikkatli seçilmesi gerekir. pH değeri 4.5-6.0 olan malzeme, odunu tahrip eden mantarların gelişmesi için de uygun ortam sağlamaktadır (Erdin ve Bozkurt 1986). Ahşap yapılarıdaki korozyon riski bulunduğu koşullara göre Çizelge 1'de özetlenmiştir (Anonim 1979).

Çizelge 1. Ahşap yapılarda korozyon riski

Şartlar	Korozyon Riski		
	Düşük	Orta	Yüksek
Depolama Süresi	- 1 aydan daha az - 1-5 ay - 6 ay ve daha fazla	X X	 X
Depolama koşulları	-İç ortam sıcaklığı - Dış ortam sıcaklığı - Tropik bölgede iç ortam sıcaklığı - Tropik bölgede dış ortam sıcaklığı	X X X	 X
Metal türü	1) Kadmium, karbon çelikler, düşük alaşım çelikleri, kurşun ve kurşun alaşımlar, magnezyum ve alaşımları 2) Bakır ve alaşımları 3) Alüminyum ve nikel alaşımları 4) Östenitik paslanmaz çelik, krom, altın, gümüş, molibden, kalay	 X X	 X
Odunun asiditesi	- Yüksek veya oldukça yüksek - Orta / Hava kurusu - Orta / Fırın kurusu	 X	 X

Bu çalışmada Türkiye'de doğal olarak yetişen ve orman ürünleri sanayinde yoğun olarak kullanılan bazı iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunları, endüstriyel ölçekte ısıtma işlemi tabii tutulmuş ve işlem sonundaki korozif özellikleri pH değeri ile ilişkilendirilerek belirlenmeye çalışılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada kullanılan ladin (*Picea orientalis*), karaçam (*Pinus nigra*), kayın (*Fagus orientalis*) ve kavak (*Populus deltoides*) türleri ısıtma işlemin gerçekleştirildiği fabrikadan temin edilmiştir. 5 x 10 x 80 cm (kalınlık x genişlik x uzunluk) boyutlarında ebatlandırılan örnekler Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Gerede de bulunan Thermowood Kereste Üretim Fabrikasında Thermowood metoduna göre ısıtma işlemi tabii tutulmuşlardır. Fırındaki odunun yapısına ve fırın

sıcaklığına bağlı olarak kabin içerisine otomoasyon sistemi ile koruyucu buhar verilmiştir. Isıl işlem sonrasında büyük boyutlu örneklerden daha küçük boyutlu deney örnekleri elde edilmiştir. Ağaç malzemelere uygulanan ısıtma işlem sıcaklık ve süreleri Çizelge 2'de görülmektedir.

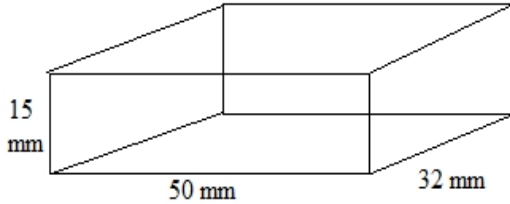
Korozyon deneyi TS 345 standardına göre uygulanmıştır (TS 345 1998). Isıl işlem tabii tutulan test örnekleri ile ısıtma işlem uygulanmayan kontrol örnekleri 50 mm x 32 mm x 15 mm (lif doğrultusu, genişlik, yükseklik) ebatlarında boyutlandırılmıştır (Şekil 1). Deney için 7.8 kg dm⁻³ yoğunluğunda ve 5 x 30 mm boyutlarında vidalar kullanılmıştır (Şekil 2). Hava kurusu halde bulunan deney örneklerinin 50 mm x 15 mm lik yüzeylerinin ortasından vidaların çakılması için 4 mm çapında delik açılmıştır. Örneklerin deney kabına asılması için ise 50 mm x 32 mm lik yüzeyden 5 mm

çapında delik açılmıştır. Odun örneklerine çakılmadan önce vidalar etanol ile yıkanarak temizlenmiştir. Temizlenen vida örnekleri numaralandırılmış ve deney öncesi ağırlıkları (Mo) 0.0001 g duyarlılıkta tespit edilmiştir. Deney kapları olarak sentetik maddeden yapılmış, kapağı sıkıca kapanabilen ve taban alanı 100 mm x 100 mm olan 2.10 litrelik kaplar kullanılmıştır. Her deney kabına yaklaşık olarak % 97 değişmez nisbi hava rutubetinin sağlanması için 200 gr potasyum sülfat

çözeltisi konulmuştur. Örneklerin kaplara yerleştirilmesinden önce açıkta kalan vida kısımları asitsiz bir yağ (ayçiçek yağı) ile yağlanarak korozyonun sadece helezon kısmında kalması sağlanmıştır. Vidalı örnekler sentetik bir ipe deney kabının ortasından asılmışlardır. Her deney kabına 6 adet örnek yerleştirilmiştir. Deney örnekleri yerleştirildikten sonra, kabın kapağı kapatılarak 22 ± 2 °C'de 6 hafta bekletilmişlerdir (Can 2011).

Çizelge 2. Isıl işlem sıcaklık ve süreleri

Ağaç Türü	Sıcaklık (°C)	Süre (dak.)
İğne yapraklı (Karaçam, Ladin)	212 - 220	90 - 120
Yapraklı (Kayın, Kavak)	180 - 190	90 - 120



Şekil 1. Korozyon deneyine ait örnek boyutu



Şekil 2. Vida şekli

Deney sonrasında örnekler odun örneklerinden yarılarak çıkartılmıştır. Çıkartılan vida örnekleri sıcak su ve etanol (% 96) ile yıkanarak temizlenmiştir. Temizleme sonrasında vidalar tartılarak deney sonrası ağırlıkları (Ms) tespit edilmiştir. Bu veriler yardımıyla vida örneklerinde meydana gelen ağırlık kaybı eşitlik 1'de, oluşan korozyon derinliği ise eşitlik 2'de aşağıda belirtilen formüller yardımıyla hesaplanmıştır (TS-345 1998, Jermer ve Anderson 2005).

$$\text{Metal ağırlık kaybı} = \frac{M_o - M_s}{\text{Alan (m}^2\text{)}} \quad (\text{g m}^{-2}) \quad (1)$$

$$\text{Korozyon derinliği} = \frac{\text{Ağırlık kaybı (g m}^{-2}\text{)}}{\text{Metal yoğunluğu (kg dm}^{-3}\text{)}} \quad (\mu\text{m}) \quad (2)$$

Odundaki asit miktarının bilinmesi korozyon karakteristiği hakkında önemli bir fikir verdiğinden dolayı ilaveten pH ölçümlerine de yer verilmiştir. Her bir varyasyona ait hava kuru haldeki odun örneklerinin kimyasal analizlerde kullanılacak yeterli miktarda laboratuvar tipi Willey değirmeninde öğütülerek 40 mesh (425µ) ve 60 mesh (250µ)'lik sarsıntılı eleklerde eelenmiştir. 40 meshlik elekten geçen, 60 meshlik elek üzerinde kalan kısım alınarak ağzı kapaklı plastik şişelere konulmuştur. Her test grubuna ait yaklaşık 2 gr örnek, içinde 60 ml destile edilmiş su bulunan plastik şişelere yerleştirilmiş ve bir karıştırıcı ile 24 saat çalkalanmıştır. Bu süre sonunda elde edilen çözelti süzgeç kâğıdında süzülerek pH metre ile pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Dizman, 2005; Hafızoğlu ve Deniz 2011).

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

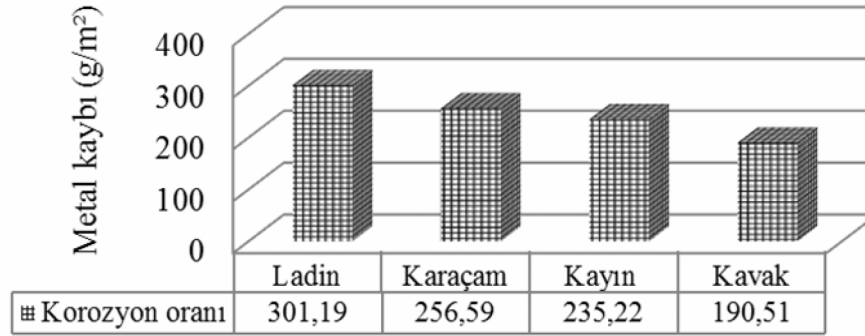
Isıl işleme tabi tutulan örnekler ve bunlara ait kontrol örneklerinde meydana gelen metal ağırlık kayıpları (x), standart sapma (s), minimum (min.) ve maksimum (mak) değerler karşılaştırmalı olarak Çizelge 3'de verilmektedir.

Genel olarak sıcaklık artışına paralel olarak metal kaybı artışı göstermiştir (Çizelge 3). En yüksek korozyon oranı 220 °C'de 120 dakikalık süre ile ısıl işlem uygulanan karaçam örneklerinde gerçekleşmiştir (333.3 g m⁻²). En az metal kaybı ise 180 °C'de 120 dakikalık süre ile ısıl işlem uygulanan kavak örneklerinde gözlemlenmiştir (80.40 g m⁻²). Bu varyasyon aynı zamanda 180 °C sıcaklıkta artan ısıl işlem süresine rağmen metal kaybının azalma eğilimi gösterdiği tek varyasyon olmuştur. Kontrol örneklerinde oluşan metal kaybı (g m⁻²) Şekil 3'de gösterilmektedir.

Şekil 3'deki verilere göre, kontrol örnekleri arasında ağaç türü olarak en yüksek metal kaybı ladinde (256 g m⁻²), en düşük kayıp ise kavak türünde (190 g m⁻²) elde edilmiştir. Ladin kontrol örneklerinde diğer türlere göre yüksek korozyon bulunması, ladin örneklerinin en düşük pH (5.0) derecesine ve korozyon deneyi sonrası en yüksek rutubet oranına sahip olmasına bağlanabilir. Deney sonrası ladin kontrol örneklerindeki ortalama rutubet değeri %58 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Metal örneklerde meydana gelen ağırlık kaybı değerleri (gr m^{-2})

Odun Türü	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Süre (dak.)	TEST				KONTROL			
			x	s	min.	max.	x	s	min.	max.
Ladin	212	90	133.4	40.0	87.7	162.1	301.2	37.8	250.2	340.0
		120	151.5	96.1	83.5	219.5				
	220	90	198.0	33.9	158.9	218.6				
		120	223.5	97.4	111.3	286.7				
Karaçam	212	90	167.8	27.3	148.5	187.1	256.6	49.6	199.4	288.8
		120	189.2	83.6	130.1	248.3				
	220	90	220.2	30.5	198.6	241.8				
		120	333.3	81.8	275.5	391.1				
Kayın	180	90	89.3	4.3	86.2	92.3	235.2	50.2	178.3	273.4
		120	101.0	22.5	85.0	116.9				
	190	90	151.0	4.4	147.9	154.1				
		120	173.0	5.2	169.4	176.7				
Kavak	180	90	131.7	27.1	101.1	152.7	190.5	31.8	164.1	230.8
		120	80.40	8.6	70.8	87.7				
	190	90	213.2	43.7	182.3	244.1				
		120	310.4	17.9	297.8	323.1				

**Şekil 3.** Kontrol örneklerinde oluşan metal kaybı (g/m^2)

Yapılan çalışmada en yüksek korozyon değerlerine en yüksek sıcaklık ve süre varyasyonlarında rastlanmıştır. Isıl işlemin korozyon üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ısıl işlem sonrası korozyon değerlerinde artış gözlenmiştir. Söz konusu çalışmada kontrol örneklerinde 188 g m^{-2} metal kaybı olurken, 220°C 'de 4 saat süreyle uygulanan ısıl işlem sonrası test örneklerinde 456 g m^{-2} metal kaybı oluşmuştur (Jermer, 2005).

Isıl işleme tabi tutulan test örnekleri ile ısıl işlem uygulanmayan kontrol örneklerinden elde edilen korozyon derinliği değerlerine ait aritmetik ortalama (x), standart sapma (s), minimum (min.) ve maksimum (mak.) değerler karşılaştırmalı olarak Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 4'e bakıldığında genel olarak sıcaklık artışına paralel bir şekilde korozyon derinliği artış göstermiştir. En yüksek korozyon oranı 220°C 'de 120 dakikalık süre ile ısıl işlem uygulanan karaçam örneklerinde gerçekleşmiştir. Korozyon derinliğinin en az olduğu varyasyon ise 180°C 'de 120 dakikalık süre ile ısıl işlem uygulanan kavak örneklerinde gözlenmiştir. Bu sonuçlar aynı zamanda metal kaybı değerleri için de öne çıkan varyasyonları temsil etmektedir. Isıl işlemin

korozyon üzerine etkisini daha net ortaya koyabilmek amacıyla her dört ağaç türü için belirlenen test ve kontrol örneklerine ait pH değerleri Çizelge 5'de gösterilmektedir.

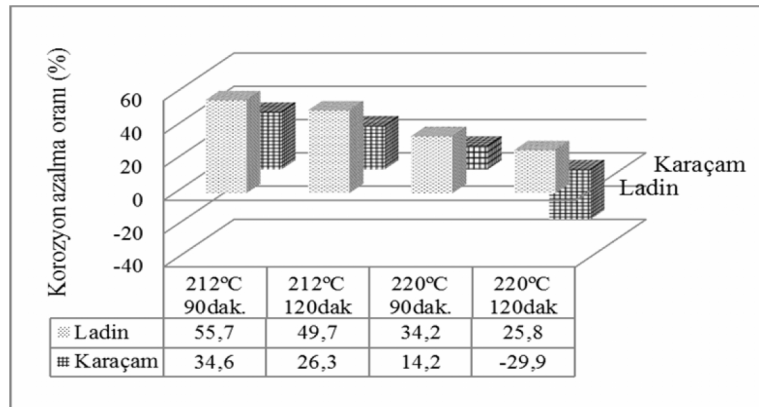
Isıl işleme maruz bırakılmış her dört ağaç türüne ait örneklerin pH değerlerinde ladin odununun 212°C 'de 120 dakikalık ısıl işlem uygulaması hariç kontrole oranla azalmalar gözlenmiş, asiditenin artma eğilimine girdiği tespit edilmiştir. Bütün türler içerisinde en asidik yapı 212°C 'de 120 dakika ($\text{pH}:4.2$) ve 220°C 'de 120 dakikalık ($\text{pH}:4.1$) ısıl işlem varyasyonlarında, karaçam odununda gözlenmiştir. Kartal (2006); ısıl işlem sıcaklık ve süresinin artışına paralel olarak odun örneklerinin asidik yapılarında artış tespit etmiştir. Isıl işlem odun ana bileşenlerinden olan hemiselüloz üzerinde önemli yıkımlara neden olmakta ve asetik yan zincirlerinden formik asit (HCOOH) ve asetik asidin (CH_3COOH) oluşmasıyla odunun asiditesi artış göstermektedir (Korkut ve Kocaefe, 2002). Yapılan çalışmada ısıl işlem sonrası test odunu örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla meydana gelen korozyon azalma oranları iğne yapraklı ağaçlar için Şekil 4'de, yapraklı ağaçlar için ise Şekil 5'de gösterilmektedir.

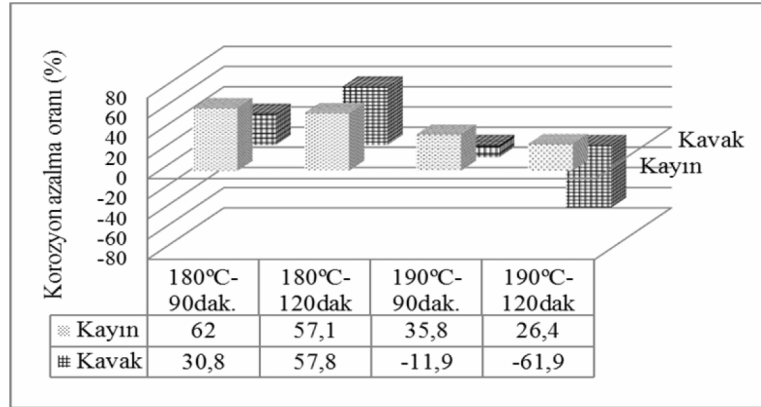
Çizelge 4. Metal örneklerde oluşan korozyon derinliği (µm)

Odun Türü	Sıcaklık (°C)	Süre (dak.)	TEST				KONTROL			
			x	s	min.	max.	x	s	min.	max.
Ladin	212	90	17.1	5.13	11.2	20.8	38.61	4.85	32.1	43.6
		120	19.2	12.3	10.7	28.1				
	220	90	25.4	4.3	20.4	28.0				
		120	28.7	12.5	14.3	38.8				
Karaçam	212	90	21.5	3.5	19.0	24.0	32.9	6.4	25.6	37.0
		120	24.3	10.7	16.7	31.8				
	220	90	28.2	3.92	25.5	31.0				
		120	42.7	10.5	35.3	50.1				
Kayın	180	90	11.4	0.5	11.1	11.8	30.16	6.44	22.9	35.0
		120	12.9	2.9	10.9	15.0				
	190	90	19.4	0.6	19.0	19.8				
		120	22.2	0.7	21.7	22.7				
Kavak	180	90	16.9	3.5	13.0	19.6	24.4	4.07	21.0	29.6
		120	10.3	1.1	9.1	11.2				
	190	90	27.3	5.6	23.4	31.3				
		120	39.8	2.3	38.2	41.4				

Çizelge 5. İğne yapraklı ve yapraklı ağaçlara ait pH değerleri

Varyasyon	İYA	
	Karaçam	Ladin
Kontrol	5.5	5.0
212 °C-90 dak.	4.8	4.7
212 °C-120 dak.	4.2	5.3
220 °C-90 dak.	4.7	4.5
220 °C-120 dak.	4.1	4.9
Varyasyon	YA	
	Kavak	Kayın
Kontrol	5.2	5.1
180 °C-90 dak.	4.3	4.5
180 °C-120 dak.	4.3	4.4
190 °C-90 dak.	4.8	4.4
190 °C-120 dak.	4.5	4.6

**Şekil 4.** Ladin ve karaçam odunları test örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla meydana gelen korozyon azalma oranları (%)



Şekil 5. Kayın ve kavak odunları test örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla meydana gelen korozyon azalma oranları (%)

Ladin odunu örneklerinde en olumlu sonuç 212 °C'de 90 dakikalık ısı işlem varyasyonunda gözlenmiştir (Şekil 4). Söz konusu varyasyonda korozyon miktarı kontrole oranla %55,7 oranında azalırken, bunu 212 °C'de 120 dakikalık ısı işlem uygulaması takip etmiştir. Sıcaklık ve sürenin maksimum olduğu varyasyonda (220 °C-120 dak.) ise korozyon azalma oranı %25,8'e gerilemiştir. Ladin odunu test örneklerinde kaydedilen düşük korozyon miktarı; kontrole göre çok fazla azalma göstermeyen pH değerlerine ve de deney sonrası belirlenen odun örneklerinin rutubet miktarlarına bağlanabilir. Deney sonrası ladin kontrol örneklerindeki ortalama rutubet değeri %58 iken, ısı işlem uygulanmış test örneklerinde bu değer %47 seviyelerinde bulunmuştur. Test örneklerindeki düşük rutubet değeri korozyon oranının düşmesine katkı sağlamıştır. Korozyon oluşumunda odun içerisinde bulunan ekstraktif maddeler ve odun nem içeriği önemli rol oynamaktadır. Eğer odun içerisindeki nem oranı %20 'den yukarı ise korozyon oluşumu hızlanmaktadır ve rutubet artışına paralel olarak korozyon oranı artış göstermektedir (Anonim 1999). Tam bu noktada ısı işlemin en önemli katkılarından biri rutubet alışıverişini azaltma potansiyelidir. Isıl işlem sonrası hemiselüloz ve selüloza bağlı OH gruplarının parçalanması nedeniyle odunun su alma oranı azalmakta ve böylece korozyon oluşumunu hızlandıran nem oranı aşağıya çekilebilmektedir (Yıldız 2002).

Şekil 4'e göre; karaçam odunu test örneklerinde kontrole oranla en yüksek korozyon azalma oranı %34,6 olarak 212 °C'de 90 dakikalık ısı işlem uygulamasında elde edilmiştir. Bunu %26,3'lük azalma ile 212 °C'de 120 dakikalık varyasyon takip etmiştir. Ancak ısı işlem sıcaklık ve süresinin artışıyla birlikte %29,9'a varan bir korozyon artışı tespit edilmiştir. Bu artışın tespit edildiği varyasyon (220°C-120 dak.) aynı zamanda pH miktarının da en düşük olduğu varyasyondur. Bilindiği gibi, ısı işlem süresi ve sıcaklığının artışıyla birlikte odunun su alma oranı da düşüş göstermektedir. Absorbe edilen su oranının düşüşüne paralel olarak da korozyon oranı değerlerinin düşüş göstermesi beklenir. Fakat ısı işlem sıcaklığı ve süresinin artışı bir yandan da odun bileşenleri üzerinde

yıkımlanmalara neden olmakta ve odun asidik bir karakter kazanmaktadır. Oluşan asetik asit ve formik asit ise korozyon oluşumunda önemli rol oynamaktadır (Kadem 2002, Obataya ve Tomita 2002, Yıldız 2002, Jermer ve Anderson 2005, Kartal 2006, Kartal 2007, Ghalehno 2011). Her iki iğne yapraklı ağaç türü kendi aralarında mukayese edildiğinde ladin daha olumlu bir performans sergilemiştir.

Yapraklı ağaçların performansına bakıldığında (Şekil 5); kayın odunu için en olumlu sonucun sıcaklık ve sürenin en düşük olduğu (180°C-90 dak.) varyasyondan geldiği anlaşılmaktadır. Söz konusu uygulamada korozyon azalma oranı %62 olarak bulunmuştur. Bu oran aynı zamanda her dört ağaç türü arasındaki en yüksek korozyon önleme oranıdır. Bu olumlu performansı %57'lik korozyon azalma oranı ile 180 °C'de 120 dakikalık ısı işlem uygulaması takip etmiştir. Her iki varyasyonun pH değeri birbirine yakın çıkmıştır (pH: 4,4-4,5). Korozyon miktarını en az azaltan varyasyon 190 °C'de 120 dakikalık uygulama olmuştur (%26,4).

Kavak odunu örneklerinde ise en olumlu tablo 180 °C'de 120 dakika süreyle ısı işlem uygulanan varyasyonda ortaya çıkmıştır (% 57,8). Artan sıcaklık ve süre korozyon derecesini arttırmış, bütün ağaç türü ve ısı işlem varyasyonları içerisinde % 61,9'luk bir korozyon artışı ile en maksimum seviyeye kavak odunu örneklerinde ulaşılmıştır. Sıcaklık ve sürenin en yüksek uygulandığı (190 °C'de 120 dakika) söz konusu varyasyonda tespit edilen pH derecesi 4,5 olup, kontrole oranla artan asitlik derecesi % 13 olarak tespit edilmiştir. Yapraklı ağaçlar içerisinde kayın odununun performansı kavak odununa göre daha olumlu bulunmuştur (Şekil 5). Ağaç türleri arasında ortaya çıkan bu tip performans farklılıkları türlerin sahip oldukları farklı pH derecelerine, sahip oldukları farklı anatomik ve kimyasal yapılarla ve de ısı işlem sırasında ortaya koydukları farklı reaksiyon mekanizmalarına atfedilebilir.

4. SONUÇLAR

Genel olarak artan sıcaklık ve süreyle birlikte metal kaybı ve korozyon derinliğinde artış gözlenmiştir. Söz konusu parametrelere ait en yüksek korozyon oranı 220 °C'de 120 dakikalık süre ile ısıtılmış uygulanan karaçam örneklerinde tespit edilirken (333.3 g m⁻²), en az korozyon ise 180 °C'de 120 dakikalık süre ile ısıtılmış uygulanan kavak örneklerinde gözlenmiştir (80.40 g m⁻²). Kontrol örnekleri arasında ağaç türü olarak en yüksek metal kaybı ladinde (256 g m⁻²), en az kayıp ise kavak türünde (190 g m⁻²) ortaya çıkmıştır. Isıtılmış ladin ve karaçam odunu örneklerinde kontrole oranla genelde (ladin odununda 212 °C'de - 120 dakikalık uygulama hariç) asiditenin artma eğilimine girdiği, benzer şekilde kayın ve kavak odununa ait örneklerin pH değerlerinde de kontrole oranla azalmaların meydana geldiği kaydedilmiştir.

Orman endüstri sektöründe, metaller yüksek dayanımlarından dolayı ahşap malzeme ile temas halinde sıkça kullanılmaktadır. Ortamda bulunan rutubet ve oksijenden dolayı ağaç malzemeye gömülmüş olan metallerde korozyon meydana gelmekte ve meydana gelen korozyon ağaç malzeme ile bağlantı elemanlarını birbirinden ayırarak kazalara neden olmaktadır. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre artan ısıtılmış sıcaklık ve süresi ile birlikte İYA ve YA türlerinde korozyon değerleri artış göstermiştir. Bu nedenle rutubetin yüksek olduğu kullanım yerlerinde düşük sıcaklıklarda ısıtılmış uygulanan örnekler tercih edilmelidir. Korozyon oranı ve miktarının yüksek olmadığı ve sürekli bakım ve yenilemenin sağlanabildiği durum ve mekanlarda yüzey kaplama materyalleri yararlı olabilir. Ayrıca ortamın agresifliğini sınırlayıcı önlemlere de başvurulabilir.

KAYNAKLAR

- Anonim 1979. Guides To Practice in Corrosion Control: Corrosion of Metals By Wood. Department of industry, Vol:2, Yayınevi: HMSO. <http://www.npl.co.uk/upload/pdf/>
- Anonim 1999. Wood Handbook, Wood As An Engineering Material. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 P. Madison, WI: U.S.
- Bozkurt, A.Y., Erdin, N. 1986. Bazı Önemli Ağaç Türleri Odununda Asit Miktarının Saptanması. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Vol. A/3, 2(2): 75-88.
- Can, A. 2011. Endüstriyel Ölçekli Isıtılmış İşlem Ve Borlu Bileşiklerle Emprenyenin Odunun Bazı, Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dizman, E. 2005. Kimyasal Modifikasyonun Kızılağaç Ve Ladin Yongalevhalarında Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özelliklere Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Ghalehno, D.,M. 2011. Changes in the Physical and Mechanical Properties of Iranian Hornbeam Wood (*Carpinus betulus*) with Heat Treatment. European Journal of Scientific Research, 51(4): 490-498.
- Hafizoğlu, H. ve Deniz, İ. 2011. Odun Kimyası Ders Notları, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi ABD, Trabzon.
- Jermner, J. ve Anderson, B.,L. 2005. Corrosion of Fasteners in Heat Treated Wood Progress Report After Two Years Exposure Outdoors. SP Swedish National Testing And Research Institute, PO Box 857, SE 501, 15 Boras Sweden.
- Kamdem, D., Pizzi, A. ve Jermannaud, A. 2002. Durability of Heat Treated Wood. Holz Roh Werkst, 60: 1-6.
- Kartal, S.N. 2006. Combined Effect of Boron Compounds and Heat Treatments on Wood Properties: Boron Release and Decay And Termite Resistance. Holzforschung, 60: 455- 458.
- Kartal, S.,N., Hwang, W.,J. ve Imamura, Y. 2007. Water Absorption of Boron-Treated and Heat-Modified Wood. Wood Sci Technol, 53: 454-457.
- Korkut, S. ve Kocaefe, D. 2002. Isıtılmış İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi. Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 5(2): 11-34.
- Obataya, E. ve Tomita, B. 2002. Hygroscopicity of Heat-Treated Wood. II Reversible and Irreversible Reductions in the Hygroscopicity of Wood Due to Heating. Mokuzai Gakkaishi, 48(4): 288-295.
- T.S.E. 1998. Ahşap Emprenye Maddeleri Etkilerinin Muayene Metodları. TS 345, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yıldız, S. 2002. Isıtılmış İşlem Uygulanan Doğu Kayını Ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- URL-1 2011. Thermowood metodu. <http://www.novawood.com.tr/twMetodu.aspx> (Erişim tarihi: 23. 09.2011).
- URL-2 2011. Korozyon. <http://www.haddemetal.com/tr/Download/Korozyon.pdf> (Erişim tarihi: 23. 09.2011).