



Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Odununun Bazı Mekanik Özellikleri Üzerine Isıl İşlem Sıcaklık ve Süresinin Etkisi

Süleyman KORKUT¹

Özet

Isıl işlem ahşabın boyutsal stabilitesini arttırmak için uygulanan odun modifikasyon yöntemlerinin başında gelmektedir. Bu çalışmada; ülkemizde doğal olarak yetişen ve potansiyel kullanım alanlarına sahip gürgen yapraklı kayacık odununun bazı mekanik özellikleri üzerine farklı sıcaklık (120⁰C, 150⁰C ve 180⁰C) ve sürelerde (2 saat, 6 saat ve 10 saat) uygulanan ısıtılmanın etkisi incelenmiştir. Mekanik özelliklerden liflere liflere paralel çekme direnci, makaslama direnci ve yarıma direnci tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda; ısıtılma sıcaklık ve süresi arttıkça mekanik özelliklerinin %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gürgen yapraklı kayacık, ısıtılma işlemi, mekanik özellikler.

Effects of Heat Treatment Temperature and Duration on Some Mechanical Properties of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Wood

Abstract

Heat treatment is often applied to some tree species, to improve wood dimensional stability. The wood of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) has attracted an increasing demand from the industry; therefore, it has been found primarily in the north and northwest Anatolia as small groups in angiosperm mixed forests. This study evaluated the effect of heat treatment on some mechanical properties of the wood of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.). Wood specimens from Alaplı-Zonguldak, Turkey were subjected to heat treatments with varying temperatures and durations. Following the treatments, tension strength parallel to grain, shear strength and cleave strength of the wood specimens were tested on the samples in comparison to the untreated ones. The results show that these mechanical properties decrease with increased treatment temperature and durations.

Keywords: Eucalyptus wood; Thermal treatment; technological Properties

¹ Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Konuralp Yerleşkesi, 81620/ Düzce

1.Giriş

Ostrya cinsinin kuzey ve orta Amerika ile Avrupa ve Asya'da yayılmış 7 kadar türü vardır. Bunlardan sadece Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) doğal olarak yetişmektedir. Gürgen Yapraklı Kayacık 15-20 metre boyunda dağınık tepeli bir ağaç olup önceleri koyu gri renkli olan düzgün kabuğu ağaç yaşlandıkça asma gövdeleri gibi uzunlamasına şeritsi çatlaklıdır. Vatanı Güney Fransa'dan Bulgaristan'a kadar tüm güney Avrupa, Suriye'nin batısı, Anadolu ve Transkafkaslar'dır. Ülkemizde Zonguldak, Kastamonu, Sinop, Tokat, Trabzon, Erzurum, Antalya ve Mersin'de yapraklı ağaç ormanlarında küçük gruplar halinde bulunmaktadır (Gerçek ve Ark., 1998, Doğu ve Ark., 2000, Korkut ve Güller, 2008)

Çok kıymetli, sert, ince tekstürlü, dayanıklı ve koyu renkli odunundan Amasra'da tornadan geçirilerek çok değişik ve son derece güzel turistik-hediyelik süs eşyaları yapılmaktadır (Yaltrık ve Efe, 2000, Sevim Korkut ve Korkut, 2008).

Ağaç malzemenin olumlu özellikleri yanısıra kullanımı sırasında sorunlar çıkarabilmesi sebebiyle kullanım alanları sınırlı olabilmektedir. Tam kuru hal (%0) ile lif doygunluğu noktası (%30) arasında rutubet alıp vererek boyutlarını değiştirmesi, düşük sıcaklık derecelerinde bile kolay tutuşabilmesi, mantar ve böceklerle karşı dayanımının yetersiz olması ağaç malzemenin sakıncalı özelliklerine verilebilecek örneklerdir. Ağaç malzemenin olumsuz özelliklerinin en aza indirgenmesi ve olumlu özelliklerinin daha da artırılması amacına yönelik olarak yapılan araştırma sonuçlarına göre ortaya çıkan yöntemlere "Odun Modifikasyonu Yöntemleri" denilmektedir.

Genel hatları itibariyle bu tarzda tanımlanabilen odun modifikasyonu yöntemleri çoğu zaman yüksek bir maliyeti de beraberinde getirdiği için, son yıllarda odun modifikasyonu yöntemleri tek bir muamele ile birden fazla özelliği iyileştirme şeklinde ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan, kullanılan kimyasal maddelerin çevre kirliliğine yol açmaması, ekonomiklik ve uygulama kolaylığı odun modifikasyonu yöntemleri için önem kazanmaya başlamıştır. Ağaç malzemenin ısı ile işleme tabi tutulması onun kimyasal kompozisyonunu değiştirmekte ve dolayısıyla odun modifikasyon yöntemleri arasında yer almaktadır.

Odunun 100-250°C'ler arasında normal atmosfer, azot gazı veya herhangi bir inert gaz ortamında belli bir süre bekletilmesi ısı ile işlem olarak kabul edilmektedir. Ağaç malzemenin kimyasal maddelerle modifikasyonunda özel işlem teçhizatları, teknik kurutma ve farklı bir kalite kontrol uygulaması gerekli olurken, ısı ile işlemde bütün bunlara ihtiyaç duyulmamakta ve ayrıca kimyasal maddelerin çevreye verebileceği zararlar söz konusu olmamaktadır (Yıldız, 2002).

Bina dışı kullanımlarda ahşabın dayanıklılığını artırmak için uygulanan ısı ile işlem yüzyıllardan beri bilinmektedir. Öyle ki Vikingler ısı ile işlemi çit

malzemesi gibi dış yapılarda 1000 yıl kadar önce kullanmışlardır. Odunun ısı ile işlemeyle ilgili literatürde birçok metod rapor edilmiş olup; ısı ile işlemeyle ilgili ilk makaleler 1920'lerdedir. Odunun ısı ile işleme tabi tutulması konusunda ilk bilimsel çalışmalar 1930 yılında Alman bilim adamları Stamm ve Hansen tarafından, 1940 yılında A.B.D.'li bilim adamı White tarafından yapılmıştır. 1950'lerde Germans Bavendam, Runkel ve Buro bu konuda çalışmalara devam etmişlerdir. 1960'larda Kollman ve Schneider, 1970'lerde Rusche ve Burmester yine bu konuda çalışmışlardır. 1990'larda bu konuda Hollanda, Finlandiya ve Fransız bilim adamları oldukça fazla çalışma yapmışlardır. Isıl işlem görmüş odunun koruyucu etkileri yüzyıllardır bilinmesine rağmen konu, bir araştırma konusu olarak bilim adamları tarafından son 20 yılda geniş bir şekilde ele alınmaya başlanmıştır. Günümüzde en fazla kullanılan ısı ile işleme metodları plato-wood (Hollanda), Thermowood (Finlandiya), Retification ve Les Bois Perdue (Fransa) ve oil-heat-treatment wood (Almanya)'dır (Rapp, 2001).

Isıl işlem uygulamasının son yıllara kadar ticarileştirilememesinin temel sebebi, iyi bir biyolojik dayanıma ihtiyaç duyan yüksek sıcaklık uygulamasının, geniş hacimli üretimler için çok komplike bir sistem gerektirmesindedir. Eğer koruyucu bir gaz kullanımı söz konusu değilse odunun yanma problemi mevcuttur (Militz, 2002).

Isıl işlemin ağaç malzeme üzerindeki etkileri; ısı ile işlemin gerçek ısı ile işleme periyodunun süresi ve maksimum uygulama sıcaklığı, sıcaklık şiddeti, toplam ısı ile işleme periyodunun süresi, su buharının kullanımı ve miktarı, ısı ile işleme önce kurutmanın yapılması, ağaç türleri ve ağacın karakteristik özelliklerine bağlıdır.

Odunun mekanik ve teknolojik özelliklerinde ısı ile işleme ile meydana gelen geri dönüşümsüz değişimlerin odunun kimyasal yapısının ısı ile termal bozunmaya uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Isıl muamele süresince gerek odun içerisinde gerekse yüzeylerde meydana gelen çatlaklar ve yarılmalar ahşap materyalin direncinde ciddi sorunlara yol açmakta ve bu durumda mekaniksel özellikleri olumsuz etkilemektedir. Isıl işlem uygulaması ile meydana gelen ağırlık kayıplarının, mevcut hidroksil gruplarının azalması neticesinde görülen odun yapısında tutulan suyun kaybı, yüksek sıcaklıklarda olduğu bilinen formik ve asetik asit formasyonunun odun hücre çeperi bileşenlerini tahrip etmesi ve özellikle hemiselülozları parçalamasıyla meydana geldiği düşünülmektedir. Kütle kayıpları sonucunda özgül kütlenin düşüşü diğer özgül kütleyle bağlı olan mekaniksel özellikleri de olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu türün uygun kullanım yerlerinde değerlendirilmesi ancak teknolojik özelliklerinin tam olarak bilinmesiyle mümkün olabilecektir. Bu çalışmada; ülkemizde doğal olarak yetişen ve endüstriyel potansiyele sahip Gürgen Yapraklı Kayacık odununda ısı ile işleme bazı mekanik özellikler üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla; Gürgen Yapraklı Kayacıkın ülkemizde doğal yayılış gösterdiği Zonguldak bölgesinden temin edilen

örnekler farklı süreler ve sıcaklıklarda ısı işleme tabi tutularak, liflere paralel çekme direnci, makaslama direnci ve yarıma direnci tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Araştırma materyali tomruklar, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Alaplı Orman İşletme Müdürlüğü'nden kayın-meşe-gürge'n den oluşan karışık meşcereden temin edilmiştir. Ağaçların alındığı bölgenin rakımı 650 metre olup, yıllık yağış miktarı 1136 mm/yıl ve yıllık ortalama sıcaklık 13.7 °C'dir. Minimum 35 cm çapa sahip ağaçların 2. ve 4. m arasından 1.2 m uzunluğunda kesilen 3 adet tomruk Düzce'deki özel bir kereste fabrikasında Kuzey-Güney ve Doğu-Batı yönlerinde özü içerecek şekilde biçilmiştir (TS 2470). Biçilen parçalar bileme açısı 45° olan planya makinesinden geçirilmiş ve mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla deney örnekleri hazırlanmıştır.

Deney örnekleri 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem koşullarındaki klima odasında %12 rutubete getirilmiştir. Isıl işlem uygulaması 3 ayrı sıcaklık (120-150-180 °C) ve 3 ayrı süre (2-6-10 saat) kombinasyonu ile toplam 9 varyasyonda gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem uygulaması, sıcaklığı ±1 °C duyarlılıkta kontrol edilebilen bir etüvde normal atmosfer ortamında gerçekleştirilmiştir.

Isıl işlemden sonra örnekler 20±2 °C ve %65 bağıl nemde iklimlendirme odasında bekletilerek rutubetlerinin %12'ye gelmesi sağlanmıştır (TS 642).

Oduunun Liflere paralel çekme direnci ($\sigma_{z//}$) TS 2475/1976, makaslama direnci (τ_{aB}) **TS 3459** ve yarıma direnci (σ_s) TS 7613/1989'e göre yapılmıştır.

Mekanik özellikler belirlendikten sonra her bir deney örneğinin rutubet içeriği TS 2471'e göre tespit edilerek %12'den sapma olup olmadığı saptanmıştır. Sapmanın söz konusu olması durumunda direnç değerlerini %12 rutubette hesaplamak için aşağıdaki eşitlik kullanılarak direnç değerlerini dönüştürme işlemi gerçekleştirilmiştir.

$$\delta_{12} = \delta_m * [1 + \alpha (M_2 - 12)]$$

Burada δ_{12} = %12 rutubetteki direnç değeri (N/mm²), δ_m = %12'den farklı rutubetteki direnç değeri (N/mm²), α = direnç ve rutubet arasındaki ilişkiyi gösteren sabit değer ($\alpha=0.04, 0.02, 0.025, 0.03, 0.03, 0.03$, sırasıyla MOR, MOE, σ_i , σ_s , $\sigma_{z//}$ ve $\sigma_{z\perp}$) M_2 = test esnasındaki rutubet içeriği (%).

Isıl işlem sıcaklık ve süresine bağılı olarak kontrol örnekleri ile ısı işlem uygulanmış örnekler arasında istatistiksel anlamda farklılık olup olmadığı varyans analizi ve Duncan testi yapılarak kontrol edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çizelge 1’de ısıtma işlemde uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak liflere paralel çekme dirençleri, makaslama direnci ve yarıma direncinde meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Görüldüğü üzere ısıtma işlemde uygulanan sıcaklık ve süre arttığında tüm direnç değerlerinde bir azalma söz konusu olmuştur.

Çizelge 1. Mekanik özellikler ile ısıtma işlem arasındaki ilişki

Sıcaklık	Süre	İstatistik Değerler	Liflere paralel çekme direnci	Makaslama direnci	Yarıma direnci
			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
Kontrol		Avg. ± s N	105.49 A 15.465 30	24.505 A 3.286 30	1.132 A 0.177 30
120 °C	2 saat	Avg. ± s N	104.10 ABCD 14.992 30	23.944 ABCDEFGHI 3.736 30	1.090 ABCDEFGHI 0.133 30
	6 saat	Avg. ± s N	103.50 ABCD 14.827 30	23.051 BCDEFGH 3.459 30	0.945 BHI 0.149 30
	10 saat	Avg. ± s N	102.60 ABCD 16.156 30	22.779 CDEFGHI 3.524 30	0.911 C 0.105 30
150 °C	2 saat	Avg. ± s N	101.35 ABCD 14.827 30	21.598 DEFGHI .593 30	0.889 D 1.0138 30
	6 saat	Avg. ± s N	100.88 ABCD 14.422 30	20.004 EGHI 3.811 30	0.875 E 0.101 30
	10 saat	Avg. ± s N	99.78 ABCD 14.325 30	19.879 FGHI 3.118 30	0.861 F 0.136 30
180 °C	2 saat	Avg. ± s N	96.34 BCD 15.235 30	19.247 G 3.937 30	0.850 G 0.178 30
	6 saat	Avg. ± s N	92.11 C 14.296 30	18.869 H 3.289 30	0.837 H 0.177 30
	10 saat	Avg. ± s N	86.73 D 14.401 30	18.381 I 3.746 30	0.833 I 0.131 30

Avg = Aritmetik Ortalama; ± s =Standart sapma; N=Örnek sayısı.

Duncan testine göre %95 güven düzeyinde herbir sütundaki homojen gruplar aynı harfle gösterilmiştir.

Tüm direnç değerlerinde maksimum azalma 180 °C'de 10 saat ısıtım işlemi uygulanmış örneklerde meydana gelmiştir. Bu durumda en düşük liflere paralel çekme direnci 86.73 N/mm² olup %17.8'lik bir azalma söz konusudur. Makaslama direnci 18.381 N/mm² ile %25 ve yarıma direnci 0.833 N/mm² ile %26.4'lük bir azalmaya maruz kalmıştır. En fazla kayıp ise yarıma direncinde (%26.40) olmuştur.

Çizelge 2'de ısıtım işlemi uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak dirençlerde meydana gelen % azalma değerleri verilmiştir.

Çizelge 2. Isıtım işlemi uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak mekanik özelliklerde meydana gelen azalma

Sıcaklık	Süre	Liflere paralel çekme direnci	Makaslama direnci	Yarıma direnci
		%	%	%
120°C	2 saat	1.32	2.29	3.71
	6 saat	1.89	5.93	16.50
	10 saat	2.74	7.04	19.50
150°C	2 saat	3.92	11.90	21.50
	6 saat	4.37	18.40	22.70
	10 saat	5.41	18.90	23.90
180°C	2 saat	8.67	21.50	24.90
	6 saat	12.7	23.00	26.10
	10 saat	17.8	25.00	26.40

Yıldız (2002) Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) odunları ile yaptığı ısıtım işlemi çalışmasında, statik eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel basınç direnci ve Brinell sertlik değerlerini hesaplamıştır. Tüm direnç değerlerinde ısıtım işlemi sıcaklık ve süresinin artması ile bir azalma gözlenmiştir. En büyük azalma 200 °C'de 10 saat ısıtım işlemi uygulanmış örneklerde gerçekleşmiştir. Örneğin eğilme direncinin kayında %63.87 ve ladinde %63.56 azalma gösterdiğini, elastikiyet modülünün ladinde 200 °C'de 6 saat ısıtım işlemi uygulanmış örneklerde %41.59 azaldığını ve istisnai olarak kayında 200 °C'de 10 saat ısıtım işlemi uygulanmış örneklerde %38.99 oranında arttığını, basınç direncinin ise her iki ağaç türünde de 200 °C'de 6 saat ısıtım işlemi uygulanmış örneklerde

%39'luk bir azalma gösterdiğini, Brinell sertlik değerlerinin en fazla 180 °C'de 10 saat ısıtım uygulanmış örneklerde kayında, enine kesitte %26, radyal kesitte %45 ve teğet kesitte %41 ve ladinde enine kesitte %20, radyal kesitte %42 ve teğet kesitte %43 oranında azaldığını tespit etmiştir.

Unsal ve ark. (2003) Okalıptüs odunu ile yaptıkları çalışmalarında; janka sertlik değerinde en fazla azalmanın 180 °C'de 10 saat ısıtım uygulanmış örneklerde enine kesitte %23.91, radyal kesitte %44.20 ve teğet kesitte %33.57 olduğunu ifade etmişlerdir.

Öner ve Ayrılmış (2005) Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) odunu ile yaptıkları çalışmada; ısıtım işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak basınç direncinin önemli oranda azaldığını, 180 °C'de 10 saat ısıtım uygulanmış numunelerin basınç direnci değerinin en düşük olduğunu ve ısıtım işlem uygulanmamış numunelerin değerinden %19 daha az olduğunu saptamışlardır.

Aydemir (2007) Göknar (*Abies bormülleriana* Mattf.) ve Gürge (*Carpinus betulus* L.) odunları ile yaptığı çalışmada; 210 °C'de 12 saat ısıtım uygulandığında basınç direncinin gürgende %25.81 ve göknarda %24.46, Brinell sertlik değerlerinin göknarda enine kesitte %41.13, radyal kesitte %44.76, teğet kesitte %38.92 ve gürgende enine kesitte %37.47, radyal kesitte %54.45, teğet kesitte %53.59 azaldığını ifade etmiştir.

Korkut (2008) Uludağ Göknarı (*Abies bormülleriana* Mattf.) ile yaptığı çalışmada; 180 °C'de 10 saat ısıtım uygulandığında basınç direncinde %29.41, eğilme direncinde %29.28, eğilmede elastikiyet modülünde %40.08, enine kesit janka sertliğinde %22.43, radyal kesit janka sertliğinde %23.27, teğet kesit janka sertliğinde %16.19, dinamik eğilme direncinde %39.24 ve liflere dik çekme direncinde %28.14'lük bir azalma tespit etmiştir.

Farklı ağaç türlerinde ısıtım işlem uygulaması sonucu dirençlerdeki azalma oranları Çizelge 3'te görülmektedir.

Çizelge 3. Farklı ağaç türlerinde ısıtım işlem uygulaması sonucu dirençlerdeki azalma oranları

Sıcaklık	Süre	Liflere paralel çekme direnci	Makaslama direnci	Yarıлма direnci	Ağaç türü
		%	%	%	
180 °C	10 saat	58.75	27.80	44.29	Turkish Hazel (<i>Corylus colurna</i> L.)
		17.80	25.00	26.40	Gürge Yapraklı Kayacık (<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.)

Çalışma sonucunda bulunan direnç değerlerindeki azalma yukarıda verilen diğer çalışmaların sonuçları ile uyum göstermektedir. Direnç değerlerindeki bu azalmanın sebepleri olarak ısı işlem ile ahşapta meydana gelen ağırlık kayıpları ve hemiselülozun bozunması düşünülmektedir (Kotilainen, 2000; Hillis, 1984).

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada direnç değerlerinde en düşük azalma 120 °C'de 2 saat ısı işlem uygulanmış örneklerde ve en fazla azalma 180 °C'de 10 saat ısı işlem uygulanmış örneklerde gerçekleşmiştir. Isıl işlemde uygulanan sıcaklık ve süre arttıkça tüm direnç değerleri azalma göstermiştir.

Isıl işlem ahşabın mekanik özelliklerini azaltmasına rağmen biyolojik dayanıklılığını ve boyutsal stabilitesini artırmaktadır. Ayrıca daralma-genişleme ve denge rutubet miktarı gibi fiziksel özelliklerde dikkate değer bir azalma, ısı işlem görmüş ahşabı iklim değişikliklerine ve çürümeye karşı daha dayanıklı kılmaktadır. Isıl işlem görmüş ahşap emprenye edilmiş ahşaba kıyasla çevreye daha dost bir durum arz etmekte olup, bahçe ve mutfak mobilyası, sauna, dış cephe kaplaması, banyo dolapları, döşeme malzemesi, müzik aletleri, iç dekorasyon kaplaması, iç ve dış duvar kaplaması ile kapı ve pencere imalatında kullanılabilir (Syrjanen ve Oy, 2001). Ayrıca direnç kayıplarını minimum seviyede tutan ısı işlem teknikleri kullanılarak kullanım alanı sınırlı olan ağaç türleri başta olmak üzere tüm ağaç türlerinin kullanım alanları artırılabilir. Özellikle iyi işlenme özellikleri ve stabilitenin önemli olduğu kullanım alanlarında ısı işlemin büyük önemi bulunmaktadır.

Kaynaklar

- Aydemir, D. 2007.** Göknaar (*Abies bormülleriana* Mattf.) ve Gürgen (*Carpinus betulus* L.) Odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Doğu, A.D., Kartal, S.N., Kose, C. and Erdin, N. 2000.** Some anatomical properties and wood density of *Ostrya carpinifolia* Scop. Review of the Faculty of Forestry, University of Istanbul, A 50 (2), 167–176.
- Gerçek, Z., Merev, N., Ansin, R., Ozkan, Z.C., Terzioglu, S., Serdar, B. and Birturk, T. 1998.** Ecological wood anatomical characters of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) grown in Turkey, Kasnak Oak and Turkey Flora Symposium, 21–23, September, Istanbul, Turkey, pp. 302–316.

- Hillis, WE. 1984.** High temperature and chemical effects on wood stability. *Wood Science and Technology*, 18:281–93.
- Korkut, S. and Güller, B. 2008.** Physical and Mechanical Properties of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Wood, *Bioresource Technology*, 99(11): 4780–4785, ISSN: 0960-8524.
- Korkut, S. 2008.** The effects of heat treatment on some technological properties in Uludağ fir (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) wood, *Building and Environment*, Volume 43, Issue 4, pp. 422–428, ISSN:0360-1323.
- Korkut, S. and Hızıroğlu, S. 2009.** Effect of heat treatment on mechanical properties of hazelnut wood (*Corylus colurna* L.), *Materials & Design*, 30(5): 1853-1858, ISSN: 0261-3069.
- Kotilainen, R. 2000.** Chemical Kotilainen R. Chemical changes in wood during heating at 150–260°C. Ph.D. thesis, Jyväskylä University. Research report 80, Finland.
- Militz, H. 2002.** Thermal Treatment of Wood: European Processes and their Background, IRG/WP 02-40241, 33rd Annual Meeting 12-17 May, Cardiff-Wales, Section 4, 1-17.
- Rapp, A.O. 2001.** Review on heat treatments of wood. In: Proceedings of Special Seminar held in Antibes, France, February 9, 2000. ISBN: 3-926 301-02-3, p. 68.
- Sevim Korkut, D. and Korkut, S., 2008.** Determination of the Shear and Cleavage Strengths of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Wood, *Beykent University, Journal of Science and Technology*, 2(1):127-133, ISSN:1307-3818.
- Syrjänen, T. and Oy, K. 2001.** Production and classification of heat-treated wood in Finland, Review on heat treatments of wood. In: Proceedings of the Special Seminar Held in Antibes, France.
- TS 2470 (1976).** Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyleer İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler, T.S.E. Ankara.
- TS 642 ISO 554 (1997).** Kondisyonlama ve/veya Deney İçin Standard Atmosferler-Özellikler, T.S.E. Ankara.
- TS 2475 (1976).** Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 3459 (1980).** Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Makaslama Dayanımının Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 7613 (1989).** Odun - Yarıлма Mukavemetinin Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2471 (1976).** Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyleer İçin Rutubet Miktarı Tayini, T.S.E. Ankara.
- Unsal O., Korkut S. and Atik C. 2003.** The effect of heat treatments on some properties and colour in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. wood. *Maderas: Ciencia Y Tecnologia. Universidad del Bio-Bio*. 5(2):145–152

- Unsal, Ö. and Ayrılmış, N. 2005.** Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) wood, Journal of Wood Science 51:405–409.
- Yaltrık, F. ve Efe, A. 2000.** Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae-Angiospermae, İ.Ü. Yayın No: 4265, Orman Fakültesi Yayın No:465, ISBN 975-404-594-1, İstanbul.
- Yıldız S. 2002.** Physical, mechanical, technological, and chemical properties of *Fagus orientalis* and *Picea orientalis* wood treated by heating. PhD thesis, Blacksea Technical University, Trabzon, Turkey, p 245.