

Yüksek Sıcaklıkta Isıl İşlem Görmüş Kızılçam (*Pinusbrutia* Ten.) Odununun Sertlik Değerlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Fatih Tuncay Efe^{1,*}, Bekir Cihad Bal²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Yenice Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Yenice/Çanakkale

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, 46100, Onikişubat/Kahramanmaraş

*e-posta: fatihtuncayefe@gmail.com

Özet

Ahşap malzemenin istenmeyen özelliklerini modifiye etmek için kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Çürümeye karşı dayanımını artırmak için çeşitli kimyasallarla muamele edilmesi, kurutulması ve üst yüzeyinin boyanması veya verniklenmesi, boyutsal kararlılık sağlamak için muamele edilmesi, hücre çeperinin asetillendirilmesi ve ısı işlem modifikasyonu önemli yöntemlerdir. Ancak bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Isıl işlem modifikasyonunun en önemli dezavantajı ise, ısı işlem görmüş odunun mekanik özelliklerinde meydana gelen azalmadır. Bu azalma miktarı, ağaç türü, ısı işlem yöntemi ve uygulanan sıcaklık derecesine göre değişmektedir. Bu çalışmada, kızılçam (*Pinusbrutia* Ten.) odunu 180, 200 ve 220°C sıcaklıklarda yaklaşık 3 saat süre ile muamele edilmiştir. Isıl işlem görmüş kızılçam odunu örneklerinin, yoğunluk, denge rutubeti, kütle kaybı ve sertlik (Janka) değerleri tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; yüksek sıcaklıkla muamelenin kızılçam odununun sertlik direncini ne derece etkilediği belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler

Isıl İşlem; Kızılçam Odunu; Janka Sertlik

The Changes Occurred in The Hardness Values of Thermally Treated Wood of Turkish Pine (*Pinusbrutia* Ten.)

Abstract

There are various methods to modify the unwanted properties of wooden materials. To treat with various chemical substance to increase, drying and dyeing or varnishing the surfaces, and to treat for the dimensional stability of wood for biological durability, acetylating of cell wall and thermal treatment modification are of important methods. But, these methods have some advantages and disadvantages. The most important disadvantage of the thermal treatment is the decrease of the mechanical properties of thermally treated wood. This decrease amount changes according to tree species, thermal treatment method, and the temperature of the method. In this study, the pine wood (*Pinusbrutia* Ten.) was treated at temperature of 180, 200 and 220°C for duration 3 hours. The density, equilibrium moisture content, weight loss, and Janka hardness of thermally treated pine wood were determined. The differences between groups were determined statistically. According to obtained data, it was tried to determine how the thermal treatment affect the hardness of the pine wood.

Keywords

Thermal Treatment; Turkish Pine Wood; Janka Hardness

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Ahşap malzeme diğer mühendislik malzemelerine göre birçok üstün özelliklere sahiptir. Bunlar, yenilenebilir bir hammadde olması, maliyetinin düşük olması, kolay işlenebilmesi ve şekillendirilmesi, ses ve ısı yalıtımının iyi olması, enerji absorblama yeteneğinin yüksek olması, direnç/yoğunluk oranının diğer malzemelere göre yüksek olması ve estetik bir görünüme sahip olması

şeklinde sıralanabilir (Bozkurt ve Erdin 1997). Bu özelliklerinden dolayı, masif ahşap malzeme ya da ahşap esaslı kompozit malzemeler, mobilya üretiminde, dekorasyon işlerinde, ahşap yapılar, park ve bahçelerde ve benzeri birçok alanda kullanılmaktadır. Ancak, anizotropik bir malzeme oluşu (teğet, radyal ve enine kesitte farklı özellikler göstermesi), biyolojik olarak dayanımının sınırlı olması ve su alıp-vermesi sonucu boyutlarında meydana gelen değişimlerden dolayı suya temas

eden yerlerde veya nem oranının yüksek olduğu alanlarda uzun süre kullanılması ancak bazı işlemlerden sonra mümkün olmaktadır.

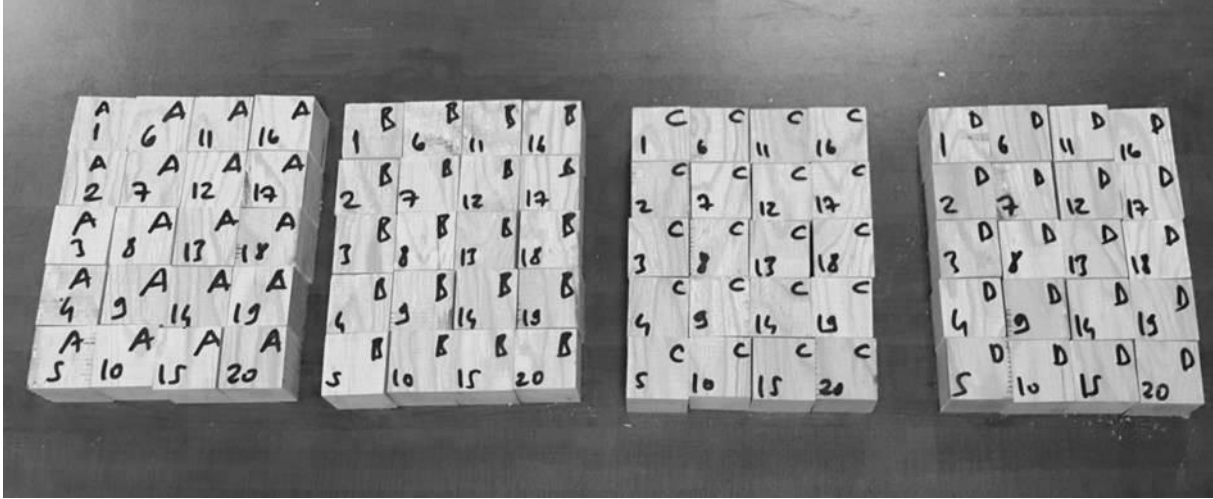
Masif ahşap malzemenin, çürümeye karşı dayanımını artırmak için çeşitli kimyasallarla muamele edilmesi, iyi bir şekilde kurutulması ve üst yüzeyinin boyanması veya verniklenmesi gerekir. Boyutsal kararlılık sağlamak için çeşitli kimyasallarla muamele edilmesi, hücre çeperinin asetillendirilmesi ve ısıl işlem uygulayarak odunun modifikasyonu gibi değişik yöntemler uygulanmaktadır (Bozkurt ve ark. 1993). Ancak, odunun bazı özelliklerini modifiye etmek için kimyasal maddeler kullanarak yapılan emprenye işlemlerinin, günümüzde çevre kirliliğine sebep olmaları nedeniyle kullanımları azalmaktadır. Bu yöntemlerin yerine, çevreye dost, kimyasal madde kullanmayan yöntemler uygulanmaktadır. Masif ahşap malzemenin yüksek sıcaklıkla muamele edilerek bazı özelliklerinin iyileştirilmesi, bir ısıl işlem uygulaması olarak kabul edilmiştir (Korkut ve Kocaefe 2009). Günümüzde Türkiye’de ve Dünyada farklı ısıl işlem metotları uygulanmaktadır. Uygulanan bu metotlar arasındaki farklar uygulanan sıcaklık derecesi, işlem süresi, ortam, başlangıç rutubeti gibi faktörlerdir. Korkut ve Kocaefeye göre (2009) bu yöntemler şu şekildedir; Thermowood (Finlandiya), PlatoWood, Lambowood (Hollanda), RetificationProcess (Retiwood)-New Option Wood-Le BoisPerdure (Fransa), Hot OilTreatment (Almanya), Calignum (İsveç), Thermabolite (Rusya), HuberHolz (Avusturya), WoodTreatmentTechnology (Danimarka), Westwood (Amerika, Kanada, Rusya) (Sundqvist, 2004; Tjeerdsma, 2006). Ahşap malzemenin ısıl işlem modifikasyonu sonucu renginde ve parlaklığında, fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişiklikler birçok faktöre bağlıdır. Bu konuda şimdye kadar yapılan çalışmalarda önemli sonuçlar elde edilmiştir. Korkut ve Kocaefe (2009) tarafından, renk değişiminin ısıl işlem esnasında odun bileşenlerinin bozunması sonucu meydana geldiği ve yapraklı ağaçlarda oluşan renk değişiminin tüketiciler tarafından aranan bir özellik olduğunubelirtmişlerdir. Tomak ve ark.,(2011)

tarafından yapılan çalışmada belirli sürelerde ve sıcaklıklarda farklı ortamlarda yapılan ısıl işlem muamelesinin, odununun yoğunluğunu, daralma ve genişleme yüzdelerini ve su alma yüzdesini azalttığını belirlemişlerdir. Aydemir ve ark.,(2011) ve Kaymakçı ve Akyıldız (2011) tarafından yapılan çalışmalarda iki farklı ağaç türü yüksek sıcaklıkla muamele edilmiş ve bazı teknolojik özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre ağaç türünün etkili olduğu, iğne yapraklı ağaçların geniş yapraklı ağaçlara göre daha fazla etkilendiği belirlenmiştir. Bal (2013a) sedir ağacı türü üzerinde yaptığı çalışmada öz odun ve diri odununun ısıl işlem muamelesi sonrası bazı fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri belirlemiş, diri odunun öz odundan daha fazla etkilendiğini tespit etmiştir. Bal (2013b) yüksek yoğunluğa sahip çınar ve düşük yoğunluğa sahip kavak odununun ısıl işleminden nasıl etkilendiğini araştırmıştır. Elde edilen bulgular kavak odununun denge rutubeti miktarı, genişleme yüzdesi ve aldığı su miktarı gibi fiziksel özelliklerinin çınar odunundan daha fazla etkilendiğini göstermiştir. Isıl işlemin odunun bazı teknolojik özellikleri üzerine yapılan önceki çalışmalarda, birçok faktörün etkili olduğu; odun özelliklerinin sonucu etkilediği belirlenmiştir. Buna göre, ağaç türü ve odun özelliği değiştikçe ısıl işlemin etkisi de değişmektedir. Bu noktadan hareketle, bu çalışmada, kızılçım odununun sertlik direncinin ısıl işlem muamelesinden nasıl etkilendiği ve özellikle teğet, radyal ve enine kesitte yapılan testlerin sonuçlarında meydana gelen farklılıklar incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, materyal olarak Kızılcım (*Pinusbrutia* Ten.) kerestesi kullanılmıştır. Kızılcım kerestesinden 5x5x120cm ölçülerinde parçalar elde edilmiştir. Elde edilen bu parçalardan, 5x5x5cm ölçülerinde küp şeklinde test örnekleri hazırlanmıştır (Şekil 1). Kesilen her parça sırasıyla farklı bir gruba dahil edilmiştir. Her kereste parçasından her grup için eşit sayıda test örneği hazırlanmıştır. Böylece grupların ortalama yoğunluk değerleri arasında oluşabilecek yoğunluk miktarı

farlılıkları azaltılmaya çalışılmıştır.



Şekil1. Sertlik testi grupları ve test örnekleri

Bir kontrol grubu (A) ve üç deney grubu (B, C, D) olmak üzere dört farklı grup oluşturulmuştur. Her grup için 20 adet test örneği hazırlanmıştır. Örnekler kurutulmuş ve tam kuru ağırlığı alınmıştır. Sonra, ısıl işlem uygulanmıştır. Isıl işlem normal atmosfer şartlarında ve laboratuvar tipi, içinde hava sirkülasyonu olmayan bir cihazda yapılmıştır. İşlem esnasında, cihazın dışarı ile hava giriş-çıkışı kapatılmıştır. Kontrol grubuna ısıl işlem uygulanmamıştır. Test örnekleri B grubunda 180°C, C grubunda 200°C ve D grubunda 220°C sıcaklığa maruz bırakılmıştır. İşlem 3 saat devam etmiştir. İşlem bitişinde, cihaz kapatılmış ve sıcaklık azalınca test örnekleri cihaz dışına alınıp, ağırlığı ölçülmüştür. Isıl işlem öncesi ve sonrası ağırlık farklarından aşağıdaki eşitlik (1) yardımı ile ağırlık kaybı hesaplanmıştır.

$$AK(\%) = \frac{(A1-A2)}{A1} \times 100 \quad (1)$$

Burada, AK ısıl işlem sonrası hesaplanan ağırlık kaybı, A1 örneğin ısıl işlem öncesi tam kuru ağırlığı, A2 örneğin ısıl işlem sonrası tam kuru ağırlığıdır. Isıl işlem sonrası test örnekleri, 20°C ve %65 bağıl nem ortamında ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar şartlandırılmıştır (Şekil 2). Bu durumdaki yoğunluk değerleri (D) ve rutubet yüzdeleri (R) TS 2471 ve TS 2472'e göre belirlenmiştir. Sertlik testi Janka metodu ile yapılmıştır. Sertlik testleri TS 2479 numaralı ve "odunun statik sertliğinin tayini" isimli standarda göre ve Şekil 3'te görüldüğü gibi yapılmıştır. Bu standarda göre; masif ağaç

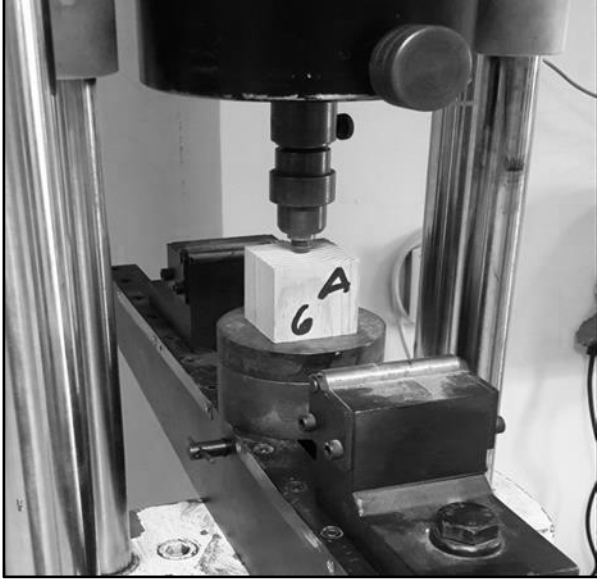
malzemede kenarları 50x50x50mm olan küp biçiminde, test örneklerinin radyal, teğet ve enine kesitlerinde, 4mm/dk hızla hareket eden yükleme ucu 5.64mm derinliğe girinceye kadar devam etmiş; bu noktada ölçülen kuvvet ile Janka sertlik değeri hesaplanmıştır. Ancak, testlerin yapılması esnasında D grubu örneklerinde çatlama meydana gelmiştir. Bu durum için ilgili standartta belirtilen düzenleme yapılmış ve derinlik 2.82mm olarak ayarlanmıştır. Elde edilen şok direnci test sonuçları, gruplar arasındaki denge rutubetinden kaynaklanan farklılıkları gidermek için, ilgili standartta belirtildiği şekilde rutubet düzeltilmesi yapılmıştır.



Şekil2. Test örneklerinin şartlandırılması

Testler, 0.01mm hassasiyette lineer cetvelle ve 1N

kuvvet hassasiyetiyle donatılmış Losenhausen model bir çekme-basma test cihazında yapılmıştır. Gruplar arasında fark olup olmadığı, SPSS programında istatistiksel olarak test edilmiştir. Gruplar arasındaki farklar Tukey testi ile belirlenmiştir.



Şekil3.Janka sertlik testi uygulaması

3. Bulgular ve Tartışma

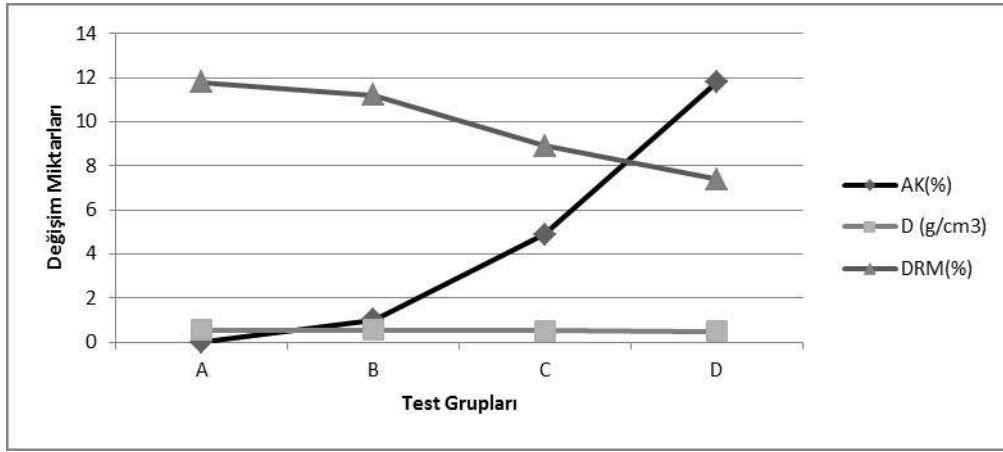
Yapılan testler sonucunda elde edilen ağırlık kaybı, hava kurusu yoğunluk, hava kurusu rutubet yüzdesi ve Janka sertlik değerleri ve ayrıca ısı işlem sonrası, kontrol grubuna kıyasla, meydana gelen azalma yüzdeleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, elde edilen ağırlık kaybı değerlerinin sıcaklık arttıkça hızlı bir şekilde arttığı ve en yüksek ağırlık kaybının, 220°C'de işlem gören D grubunda meydana geldiği görülür. Isıl işlem modifikasyonunun ahşap malzeme üzerinde etkisinin en önemli göstergelerinden birisi ağırlık kaybıdır. Ahşap malzemenin ısı işlem modifikasyonu üzerine yapılan önceki çalışmalarda, birçok araştırmacı ağırlık kaybının önemini vurgulamıştır. Genel olarak ağırlık kaybı arttıkça mekanik özellikler azalmakta (Esteves ve ark., 2007; Gündüz ve ark., 2008; Esteves ve Pereira 2009; Schneid ve ark., 2014) ve ahşap malzeme daha

kırılgan bir hale gelmektedir. Bu nedenle, yüksek sıcaklıklarda işlem görmüş ahşap malzemenin yük taşıyan yapısal elemanlarda kullanılması doğru bulunmamaktadır. Testler sonunda elde edilen hava kurusu yoğunluk değerleri incelendiğinde, kontrol grubunun 0.553g/cm³ olduğu ve en fazla ağırlık kaybının ölçüldüğü D grubunda ise 0.478g/cm³ olarak ölçüldüğü görülmektedir. Ayrıca D grubunda ağırlık kaybının yoğunluk azalma miktarından daha düşük olduğu da anlaşılmaktadır. Bunun nedeni, aynı tabloda verilen denge rutubeti miktarının D grubunda A grubuna göre daha düşük olması ile açıklanabilir. Yüksek sıcaklıklarda ısı işlem görmüş ahşap malzemenin denge rutubeti miktarı azalmakta ve ahşap daha az hidrofilik (suyu çeken) olmaktadır. Bu değişimin önemli bir sebebi, odunu oluşturan bileşenlerden hidrofilik özellikle olan hemiselüloz ve selülozdaki hidroksil gruplarının azalmasıdır. Ayrıca ligninin dallanması da (ramification) bu değişime katkı sağlamaktadır (Korkut ve Kocafe 2009; Esteves ve Pereira 2009). Denge rutubeti miktarı ile daralma ve genişleme miktarlarının azalması, buna karşın biyolojik dayanıklılığın artması ısı işlemin ahşap malzemeye kazandırdığı önemli avantajlardandır. Ancak, bu avantajının yanında mekanik özelliklerin azalması dezavantajdır (Korkut ve Kocafe 2009; Esteves ve Pereira 2009; Schneid ve ark., 2014; Cademartori ve ark., 2014). Tablo 1'de sertlik testi sonuçları verilmiştir. Elde edilen verilere göre, kontrol grubuna göre deney gruplarında sertlik değerlerinin azaldığı; en fazla azalmanın ise D grubunda gerçekleştiği görülmektedir. Teğet yüzeyde, radyal yüzeyde ve enine yüzeyde meydana gelen azalma oranları sırasıyla %40.9, %38.8 ve %19.6 olarak gerçekleşmiştir. En fazla azalma teğet yüzeyde ve en az azalma ise enine yüzeyde ölçülmüştür. Bunun yanında, en yüksek sertlik değerleri tüm gruplarda enine yüzeyde ölçülmüştür. Bu verilere göre 220°C'de ısı işlem modifikasyonunun teğet ve radyal yüzeylerde daha fazla negatif etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo1. Yoğunluk, denge rutubeti yüzdesi, sertlik testi sonuçları ve azalma oranları

Gruplar	AK ^a	D ^b	DRM ^c	ST ^d	SR ^e	SE ^f	
							g/cm ³
A	x		0553	11.8	39.9	39.1	59.9
	ss	-	0.032	0.2	6.8	5.7	5.4
B	x	1.02	0.541	11.2	36.5	35.2	58.8
	ss		0.037	1.5	5.3	5.7	7.3
C	x	4.90	0.509	8.9	33.5	32.9	55.7
	ss		0.032	0.2	4.8	5.0	6.3
D	x	11.8	0.478	7.4	23.6	24.0	48.1
	ss		0.040	0.3	4.1	2.7	9.5
Azalma Oranları (%)							
B	-	2.2	5.0	8.6	10.0	1.9	
C	-	8.1	24.1	16.2	15.8	7.0	
D	-	13.7	37.0	40.9	38.8	19.6	

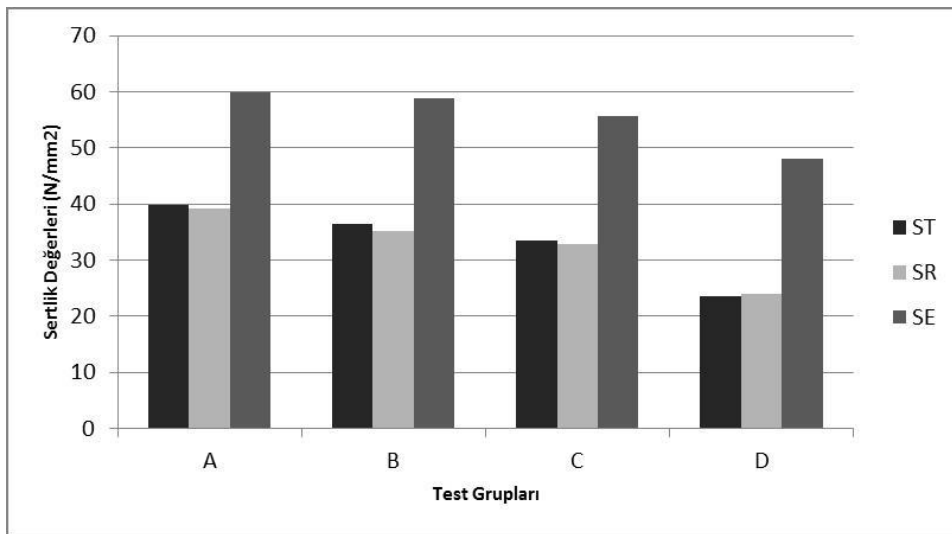
^aAğırlık kaybı, ^bYoğunluk, ^cDenge rutubeti miktarı, ^dTeğet yüzeyde sertlik değeri, ^eRadyal yüzeyde sertlik değeri, ^fEnine yüzeyde sertlik değeri.



Şekil4. Test gruplarının ağırlık kaybı, yoğunluk ve denge rutubeti miktarı değişimi

Şekil4.'teki grafik incelendiğinde ağırlık kayıp oranlarının uygulanan sıcaklık dereceleriyle doğru orantılı olarak arttığı; yoğunluğun ve denge rutubet

miktarının ise ters orantılı olarak azaldığı görülmektedir.



Şekil5. Test gruplarının sertlik değerleri değişimi

Test gruplarının sertlik değerlerini gösteren grafik Şekil5.'te verilmiştir. Buna göre örneklerin enine yüzeylerindeki sertlik değeri tüm test gruplarında en yüksek seviyede gerçekleşmiş; kontrol örneklerinde teğet, radyal ve enine yüzeylerdeki sertlik değerleri diğer test örneklerinkinden daha yüksek ölçülmüştür. Sıcaklık artışının odunun sertlik değeri üzerindeki olumsuz etkisini en yüksek sıcaklığın (220°C) uygulandığı D grubunda görmek mümkündür.

Tablo 2'de sıcaklığın ve testin yapıldığı odun yüzeyinin sertlik değeri üzerine etkisi gösteren ANOVA testi sonuçları verilmiştir. Tablodaki sonuçlar incelendiğinde, varyans kaynağı olan sıcaklık faktörünün ve yüzey faktörünün sertlik değeri üzerine istatistiksel olarak önemli derecede ($p<0.001$) etkili olduğu; ancak her iki faktörün etkileşiminin etkisinin bulunmadığı görülmektedir.

Tablo2. Sıcaklık ve yüzey faktörlerinin etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Önem Düzeyi
Sıcaklık	6043.8	3	2014.6	57.9	0.000
Yüzey	25478.3	2	12739.1	366.5	0.000
Sıcaklık * Yüzey	112.9	6	18.8	0.5	0.776

Tablo 3'te sıcaklık faktörüne ve Tablo 4'te ise yüzey faktörüne ait gruplar arasındaki farkları gösteren Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en düşük ortalama sertlik değeri 220°C de ve en yüksek kontrol grubunda belirlenmiştir. Yüzey faktörüne göre tüm grupların ortalaması olarak en düşük radyal yüzeyde ve en yüksek enine yüzeyde ölçülmüştür. Radyal yüzey ile teğet yüzey arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Masif ahşap malzemenin sertlik değeri üzerine yapılan önceki çalışmalarda, enine yüzeyde yapılan denemelerde diğer yüzeylere göre sertlik değeri daha yüksek olarak ölçülmüştür (Gündüz ve ark. 2008; Gündüz ve ark. 2009; Bal 2011). Bunun önemli bir sebebi masif ahşap malzemenin lif yönü ve yıllık halka yönlerine göre üç farklı yüzeye sahip olması ve bu yüzeyler arasında farklılıklar içeren anizotropik bir malzeme olmasıdır. Masif ahşap malzeme üzerine yapılan birçok araştırma göstermiştir ki sadece sertlikte değil aynı zamanda,

morfolojik özelliklerde (Bozkurt ve Erdin 1997; Bal 2012), fiziksel özelliklerde (Bozkurt ve Göker 1996; Bal ve ark., 2011; Bal ve Bektaş 2012) ve mekanik özelliklerde de (Bozkurt ve Göker 1996; Bal 2011) yüzeyler veya kuvvet uygulanan yön arasında fark bulunmaktadır.

Tablo3. Sıcaklık faktörüne göre, gruplar arası farklara ait Tukey testi sonuçları

Sıcaklık (°C)	n	a	b	c
220	48	31.9		
200	60		40.7	
180	60		43.5	43.5
Kontrol	60			46.3

n: Örnek sayısı, a,b,c: Gruplar

Tablo4. Yüzey faktörüne göre, gruplar arası farklara ait Tukey testi sonuçları

Yüzey	n	a	b
Radyal	76	33,2	
Teğet	76	33,9	
Enine	76		56,0

göre masif ahşap malzemenin sertlik değeri, uygulanan sıcaklık arttıkça olumsuz etkilenmektedir. Özellikle 200°C ve üzeri sıcaklıklarda ağırlık kaybı artmakta ve sertlik değeri azalmaktadır. Ancak, özellikle teğet ve radyal yüzeylerde meydana gelen azalma yüzdesi enine

yüzejde meydana gelenden çok daha fazladır. Bunun yanında, yüksek sıcaklıkla muamele edilen kızılçam odununun, rengi son derece koyulaşmaktadır. Fakat ısı işlem modifikasyonu sonunda bu istenmeyen kötü sonuçlarının yanında, bu çalışmada elde edilen diğer bir pozitif iyileşme ise denge rutubeti miktarında meydana gelen azalmadır.

Kaynaklar

- Aydemir, D., Gündüz, G., Altuntaş, E., Ertaş, M., Şahin, H. T., Alma, M. H., 2011. Investigating changes in the chemical constituents and dimensional stability of heat treated hornbeam and Uludağ fir wood, *BioResources* 6(2): 1308-1321.
- Bal, B.C., 2011. Okalıptüs grandis (*Eucalyptusgrandis* W. Hillex Maiden) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri ve lamine ağaç malzeme üretiminde kullanılması üzerine araştırmalar. Doktora tezi, KSÜ, FBE, Kahramanmaraş.
- Bal, B.C., Bektaş, İ., Tutuş, A., Kaymakçı, A., 2011. The Within-Tree Variation in Some Physical Properties in *Eucalyptus grandis* Grown in Karabucak Region, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 7 (2):82-88.
- Bal, B.C.,2012. Genç Odun ve Olgun Odunun Lif Morfolojisindeki Farklılıklar Üzerine Bir Araştırma, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 8(2): 29-36.
- Bal, B.C., Bektaş, İ, 2012. The physical properties of heartwood and sapwood of *Eucalyptusgrandis*, *Pro Ligno*, 8 (4):35-43.
- Bal, B.C., 2013a. Effects of Heat Treatment on the Physical Properties of Heartwood and Sapwood of *CedrusLibani*.*BioResources* 8(1):211-219.
- Bal, B.C., 2013b. A Comparative Study of the Physical Properties of Thermally Treated Poplar Wood and Plane Wood,*BioResources* 8(4):6493-6500.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, No 425, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No:3944, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın no: 445, S: 1, İstanbul.
- Cademartori, P.H.G., Missio, A.L., Mattos, B.D., Schneid, E., Gatto, D.A., 2014. Physical and mechanical properties and color changes of fast-growing Gympie messmate wood subjected to two-step steam-heat treatments. *Wood Material Science & Engineering*, 9(1), 40-48.
- Esteves, B., Domingos, I., Pereira, H., 2007. Improvement of technological quality of eucalypt wood by heat treatment in air at 170-200°C, *Forest Product Journal* 7 (1-2): 47-52.
- Esteves, B., Pereira, H.M., 2009. Wood modification by heat treatment: A review, *BioResources* 4(1), 370-404.
- Gündüz, G., Korkut, S., Korkut, D.S., 2008.The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of Camıyanı Black Pine (*Pinusnigra*Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) wood.*Bioresources Technology* 99: 2275-2280.
- Gündüz, G., Korkut, S., Aydemir, D., Bekar, İ.,2009. The density, compression strength and surface hardness of heat treated hornbeam (*Carpinusbetulus* L.) wood. *MaderasCiencıayTecnología*, 11(1): 61-70.
- Kaymakci, A., Akyildiz, M.H., 2011. Dimensional stability of heat treated Scots pine and oriental beech. *Pro Ligno*, 7(4): 32-38.
- Korkut, S., ve Kocaefe, D., 2009. Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 5(2): 11-34.
- Schneid, E., Gonzalez de Cademartori, P.H., Gatto, D., 2014. The effect of thermal treatment on physical and mechanical properties of Lueheadivaricata hardwood, *Maderas.Ciencia y tecnología*, 16(4), 413-422.
- Sundqvist, B., 2004. Colour changes and acid formation in wood during heating. Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, Skelleftea Campus, Division of Wood Material Science, Skelleftea-Sweden, ISSN 1402-1544 / ISRN LTU-DT--04/10--SE.

Tjeerdsma, F., B., 2006. Heat treatment of wood-thermal modification-, University of Limerick, Coford Seminar on Wood Modification: Opportunities and Challenges, 9 February 2006, Dublin- Ireland.

Tomak, E.D., Viitanen, H., Yildiz, U.C., Hughes, M., 2011. The combined effects of boron and oil heat treatment on the properties of beech and Scots pine wood. Part 2: Water absorption, compression strength, color changes, and decay resistance, *Journal of Materials Science*, 46: 608-615.

TS 2471, 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyleler İçin Rutubet Miktarı Tayini, TSE, Ankara.

TS 2472, 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyleler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini, TSE, Ankara.

TS 2479, 1976. Odunun statik sertliğinin tayini, TSE, Ankara.