

Bölge farklılığı, buharlama, kurutma sıcaklığı, tutkal türü ve tabaka sayısının Ladin odunundan üretilen kontrplakların bazı mekanik özelliklerine etkisi

Doç. Dr. Hüseyin PEKER^{1*}, Yrd. Doç. Dr. Hüseyin TAN²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi 08000 ARTVİN

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi 53100 RİZE

*İletişim yazarı/Corresponding author: peker100@hotmail.com, Geliş tarihi/Received:10.09.2014, Kabul tarihi/Accepted:19.11.2014

Öz

Bu çalışmada, bölge farklılığı, buharlama işlemi, kurutma sıcaklığı, tabaka sayısı ve tutkal türünün Ladin odunundan üretilen kontrplakların mekanik özelliklerine (eğilme direnci ve elastikiyet modülü) etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Doğu Karadeniz Yöresi'nin (Rize Çayeli/Çürükbel ve Trabzon Maçka/Kapıköy) mevkilerinden temin edilen Doğu ladin (*Picea orientalis* L.) deney örnekleri fenol formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkallarıyla beraber işleme tabi tutularak 5 ve 7 tabakalı kontrplak levhalar hazırlanmıştır.

Deney sonuçlarına göre; Eğilme direnci en yüksek değer 6 saat buharlanmış ve 110 °C kurutma sıcaklığı ortamında fenol formaldehit tutkalı ile işlem görmüş 5 tabakalı (Maçka) ladin odununda gerçekleşirken; Elastikiyet modülünde ise en yüksek değer 7 tabakalı kontrplak levhalarında 12 saat buharlanmış ve 110 °C kurutma sıcaklığı ortamında fenol formaldehit tutkalı ile işlem görmüş (Maçka) Ladin odununda gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Odun, tutkal, eğilme direnci, elastikiyet modülü, kontrplak.

The effect of growth conditions, steaming, drying temperature, number of layers and type of adhesives on the some mechanical properties of plywoods produced from Spruce

Abstract

This study has aimed at determine the effect of growth conditions, steaming, drying temperatures, number of layers and type of adhesives on the mechanical properties (bending strength and modulus of elasticity) of plywoods produced from the Spruce. Five and seven-layer plywoods were prepared by using thin veneers of Spruce (*Picea orientalis* L.) which were taken from the Eastern Black Sea region in the Rize (Çayeli/Çürükbel) and Trabzon (Maçka/Kapıköy) with phenol-formaldehyde and melamine-urea-formaldehyde were determined.

According to the experimental results, the bending strength of 5-layer plywoods produced from Spruce (Maçka) treated with phenol-formaldehyde adhesives is the highest for the samples teamed for 6h at a drying temperature of 110 °C. Furthermore, the modulus of elasticity of 7-layer plywoods produced from Spruce (Maçka) treated with phenol-formaldehyde adhesive is the highest for the samples teamed for 12h and subjected to a drying temperature of 110 °C.

Keywords: Wood, adhesives, bending strength, modulus of elasticity, plywood.

1. Giriş

Ahşap ürünlere karşı artan talep ve ağaç hammadde varlığı ve kalitesindeki azalma nedeniyle kompozit odun ürünlerinin (kontrplak, yonga levha, lif levha gibi) önemi giderek artmıştır. Kontrplak, farklı ağaç türlerinden üretilen en önemli kompozit odun ürünlerinden biridir ve masif oduna göre birçok avantaja sahiptir. Kontrplak üretimi ile, bir taraftan ağaç malzeme daha verimli kullanılırken diğer taraftan da direnç özellikleri yüksek, çalışması az, çeşitli kusurlardan arındırılmış, geniş yüzeyli malzemeler elde edilmektedir (Aydın ve ark., 2010; Bal ve Bektaş, 2014; Özalp ve ark., 2009). Kontrplak; birbiri üzerine lif yönü dik olacak şekilde yapıştırılmış tabakalardan oluşmaktadır. Kontrplak günümüzde genel, dekoratif ve yapı amaçlı olmak üzere çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Martitegui ve ark., 2008).

Ülkemizde genel amaçlı kontrplakların üretiminde genellikle Kayın, Okume ve Melez kavak kullanılmaktadır. Kayın tomruklar homojen bir yapıya, buharlamadan sonra düzgün bir yüzeye, homojen bir renge ve yeterli direnç özelliklerine sahiptir. Ancak kırmızı yürek oluşumu, uygun soyma çapına ulaşma

süresinin uzun olması, mavi renklenmeden dolayı genellikle kış aylarında kesilmesi, emprenye edilmesinin zor olması ve ardaklanma problemlerine sahiptir. Ayrıca son yıllarda Bağımsız Devletler Topluluğundan ithal edilenler hariç tutulursa, uygun çap ve formda kayın tomrukları yeteri kadar bulunmamaktadır. Homojen bir yapıya sahip olan Okume odunu teknik olarak soyma kaplama üretiminde problem yaratmaması, geniş çaplı ve levha kopmadan sonsuz bant halinde oldukça uzun soyulduğu için, kuru boyutlandırma metodu ile üretim yapan kontrplak fabrikalarında kapasiteyi yükseltmesi bakımından daha da uygun olmasına rağmen teknolojik özellikleri, konstrüksiyon amaçlı kullanım yerlerinde bazı ağaç türlerine göre daha düşüktür. Ayrıca döviz fiyatlarındaki ani yükselmeler, kontrplak üretiminde Okume veya diğer tropik bölge ağaç odunlarını kullanan sanayicileri etkilemektedir. Kavak kontrplakların kullanım yerleri ise sınırlı sayıdadır. 1999 yılında ülkemizde yaşanan Marmara depreminden sonra ahşap yapı üretimi gündeme gelmiş ve üretimde kullanılmak üzere buharla bükülebilen, el aletleri ve makineler ile kolayca işlenebilen, boya ve cila tutma kabiliyeti yüksek olan, elastik yapıda ve düzgün gövde yapan ladin (*Picea orientalis L.*)'den kontrplak üretimi yapılacağı düşünülmektedir (Toksoy ve ark., 2006; Zhong ve ark., 2013; Demirkır ve ark., 2013; Çakıroğlu ve Aydın, 2012; Demirkır ve ark., 2005; Örs ve ark., 2002; Aydın ve Çolak, 2003; Tan, 2010). Kontrplakların fiziksel ve mekanik özelliklerini, odunun yoğunluğu, ağaç türü, tutkal türü, kaplama kalınlığı, tabaka sayısı, buharlama işlemi ve kaplama kurutma sıcaklığı gibi faktörler etkilemektedir (Bal ve Bektaş, 2014).

Kontrplak endüstrisinde günümüzde yapıştırıcı olarak, genel amaçlı kontrplaklar için üre formaldehit, yapı kontrplakları için ise fenol formaldehit reçineleri kullanılmaktadır. Üre formaldehit reçinesinin suya karşı direnci düşük olduğundan tutkal çözeltisine doğrudan melamin ilavesinin önemli fayda sağladığı rapor edilmiştir (Demirkır ve ark., 2005; Tan ve Çolakoğlu, 2010).

Günümüzde odunun hammadde olarak kullanıldığı çeşitli endüstrilerde buhar yada sıcak su ile ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Buharlama ısıtma işleminin temeli, geçici olarak tomruğun yumuşatılmasıdır. Böylece tomruğun kolayca soyulabilmesi, daha esnek, bükülgen ve tomruktan daha kalite ve nicel malzemelerin elde edilmesi sağlanmaktadır. Buhar ile ısıtma işlemi, su ile ısıtmaya göre daha iyi sonuçlar vermekte ve daha kısa sürede gerçekleştirilmektedir. Buhar ile ısıtma işlemi, soyma işlemi boyunca kullanılan enerji miktarını ve kaplamada oluşan çatlaklıkları azaltmakta, şok direncini arttırmakta ve düşük renk varyasyonuna sahip kaplamalar elde edilmektedir (Aydın ve ark., 2006; Aydın ve Çolak, 2003).

Kaplama kurutma işlemi, kontrplak ve tabakalı malzemeler (LVL) gibi odun esaslı kompozit levha ürünlerinin üretimindeki en önemli aşamalardan biridir. Tutkallama işlemi öncesinde tüm kaplama levhalarının rutubet miktarının % 7'nin altında olması gerektiğinden, üretim işlemi esnasında kaplama levhaları % 3-4 rutubete ulaşıncaya kadar kurutulmaktadır. Kaplama kurutma işleminde 90-160 °C arasındaki kurutma sıcaklıkları normal kabul edilmektedir (Aydın, 2004).

Çalışmanın amacı; Doğu Karadeniz Yöresi'nin yaygın ağaç türlerinden olan Ladin kullanılarak üretilen kontrplak levhalarının mekanik özellikleri üzerine buharlama süresi, tabaka sayısı, bölge farklılığı kurutma sıcaklığı ve tutkal çeşidinin etkilerinin araştırılmasıdır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Ağaç malzeme

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Yöresi'nin 2 farklı iline ait Doğu ladini (*Picea orientalis*) tomrukları taze kesim yapılarak ormanda boylanmıştır. Tomruklar, Rize Çayeli/Çürükbel (1200m) ve Trabzon Maçka/Kapıköy (800m) mevkielelerinden ilgili Orman Şeflikleri yardımıyla temin edilmiş olup boyları 8-10 m, çapları 30-35 cm ve yaşları 10-12 yıl olarak değişmektedir. Tomruklar zincirli motor testerelele yaklaşık 60 cm uzunluklarda olacak şekilde boylanmıştır. En dip ve uç tomruklar ayrılmış ve arada kalan tomruklar sırasıyla; buharlanmamış, 6 saat buharlanmış ve 12 saat buharlanmış olarak her 60 cm'lik kısımları sırasıyla işaretlenmiştir. Tomruk buharlama işlemi 2 atü basınç altında gerçekleştirilmiştir. Buharlanmayan yapılmayan tomruklardan Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği pilot tesisinde, taze halde iken 2 mm kalınlığındaki soyma kaplamalar üretilmiştir. Soyma kaplama üretimi öncesinde 6 buharlama yapılan tomrukların sıcaklıkları 37-45 °C' ve 12 saat buharlama yapılan tomrukların sıcaklıkları 28-33 °C olarak ölçülmüştür.

2.2. Tutkal

Çalışmada % 47'lik fenol formaldehit (FF) ve % 55'lik melamin-üre formaldehit (MÜF) tutkalları kullanılmıştır. MÜF tutkalı reçetesi; ağırlıkça 100 br tutkal, 30 br un, 10 br sertleştirici olacak şekilde ayarlanmıştır. MÜF tutkalı için sertleştirici olarak ise % 15'lik amonyum klorür (NH₄Cl) kullanılmıştır.

2.3. Deneme levhalarının üretimi

2.3.1. Kontrplakların hazırlaması

Çalışmada 2 mm kalınlığında 55x55 cm ebatlarında hazırlanan kaplamaların FF ve MÜF tutkalları ile muamele edilerek; 5 ve 7 tabakalı kontrplak levhaları üretilmiştir. Tutkallama işleminden önce kaplamalar, 110 ve 150 °C'de 5 dakika boyunca kurutulmuştur ve rutubet miktarı % 3-5'e kadar düşürülmüştür. Kaplamaların tutkallanması 4 silindri tutkallama makinesinde gerçekleştirilmiş ve m²'ye 160 g tutkal sürülmüştür. Tutkallama sonrası hazırlanan levha taslakları presleme alanı 70x89 cm olan tek katlı hidrolik preste preslenmiş ve MÜF için 110 °C, FF için 140 °C pres sıcaklığı ve 8 kg/cm² pres basıncı uygulanmıştır. Pres süresi 5 tabakalı kontrplak için 10 dk ve 7 tabakalı kontrplak için 15 dk uygulanmıştır. Üretilen deneme levhalarının, iç ve dış tabakaları arasındaki sıcaklık ve rutubet farkının giderilmesi için 1 hafta süreyle istif latası kullanılmaksızın üst üste istiflenmiştir. Böylece kontrplakların eşit şartlarda soğumaları sağlanarak biçim değişiklikleri engellenmiştir. Üretilen 7 tabakalı kontrplakların kalınlıklarının ortalaması 11.96 mm iken, 5 tabakalı kontrplakların kalınlıklarının ortalaması 8.94 mm olarak (TS EN 326-1, 1999) ölçülmüştür.

2.4. Araştırma yöntemi

2.4.1. Mekanik özellikler

Bu çalışmada, MÜF tutkalı ile üretilen her bir gruptaki kontrplak levhalarından hazırlanan test örnekleri 20 °C sıcaklıktaki suda 24 saat bekletildikten sonra, FF ile üretilen gruplar ise 6 saat süreyle kaynatılmış ve devamında 1 saat 20 °C suda soğutma işlemi uygulandıktan sonra liflere dik yönde eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri tespit edilmiş ve her deney için 20'şer adet örnek alınmıştır. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneyi Üniwersal Test Cihazında yapılmıştır. Mesnet açıklığı 5 tabakalı kontrplaklar için 180 mm ve 7 tabakalı kontrplak için ise 240 mm alınmıştır. Deney parçasının uzunluk eksenini, mesnetlerin eksenlerine dik ve deney numunesinin ortası mesnet açıklığının ortasına gelecek şekilde makineye yerleştirilmiştir. Aynı zamanda deney numunesi genişliğinin de mesnetlerin ortasına gelmesine dikkat edilmiştir. Böylece, kuvvet uygulama noktası numunenin tam ortasına gelecek şekilde ayarlanmıştır.

2.4.1.1. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü

Üretilen kontrplak levhalarına uygulanan eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testleri, TS EN 310 standardına göre yürütülmüştür.

Eğilme direncinin tespitinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

$$\partial e = \frac{3xF_{\max}xl}{2xbxh^2} (N / mm^2) \quad (1)$$

Burada;

∂e : Eğilme direnci (N/mm²), F_{max}: Kırılma sırasındaki ölçülen kuvvet (N), l: Dayanaklar arası açıklık (mm), h: Levha kalınlığı (mm), b: Örnek genişliği (mm)

Eğilmede elastikiyet modülü (E) belirlenmesinde ise;

$$E = \frac{FxLs^3}{4x\Delta e b x h^3} (N / mm^2) \quad (2)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

The effect of growth conditions, steaming, drying temperature, number of layers and type of adhesives on the some mechanical properties of plywoods produced from Spruce

E= Eğilmede elastikiyet modülü, Δe = Sehim miktarı (mm), F= Deformasyonu sağlayan kuvvet (N), h= Levha kalınlığı (mm), b= Örnek genişliği (mm), Ls= Mesnet açıklığı (mm)'dir.

2.4.2. İstatistik uygulama

İstatistik değerlendirmede çoklu varyans analizi (ANOVA) kullanılarak bölge farklılığı, tutkal türü, buharlama işlemi, kurutma sıcaklığı ve tabaka sayısının eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerindeki etkileri tespit edilmiştir. Faktör etkilerinin $\alpha=0,05$ hata payı ile anlamlı olduğu durumlarda, Student Newman-Keuls testi uygulanarak varyans kaynaklarının ortalamaları karşılaştırılmış ve homojenlik grupları tespit edilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Kontrplak levhalarında eğilme direnci

Bölge farklılığı, buharlama işlemi, kurutma sıcaklığı, tutkal türü ve tabaka sayısına göre kontrplak levhaların eğilme direnci değerleri ve çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 1, 2 ve 3'te verilmiştir.

Tablo 1. Beş Tabakalı kontrplakların eğilme direnci ortalama değerleri
Table 1. The average values of bending strenght of 5-layer plywoods

		Kurutma Sıcaklığı 110 °C							
		Buharlama Şartları		Buharlanmamış		6 saat buharlanmış		12 saat buharlanmış	
Örnek Grupları	Tutkal Türü	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF
ML	\bar{X}	66,45	70,56	83,76	71,75	66,93	60,59		
	S	(9,33)	(8,47)	(5,54)	(4,77)	(7,98)	(5,59)		
ÇL	\bar{X}	45,81	41,31	40	43,88	48,62	43,11		
	S	(4,90)	(4,70)	(3,72)	(4,71)	(5,64)	(6,59)		
		Kurutma Sıcaklığı 150 °C							
		Buharlama Şartları		Buharlanmamış		6 saat buharlanmış		12 saat buharlanmış	
Örnek Grupları	Tutkal Türü	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF
ML	\bar{X}	68,31	66,38	62,9	71,12	74,9	53,39		
	S	(9,74)	(7,21)	(6,30)	(4,04)	(4,97)	(3,80)		
ÇL	\bar{X}	47,35	42,69	44,14	45,31	45,33	46,29		
	S	(6,58)	(6,06)	(2,08)	(6,98)	(5,21)	(5,01)		

\bar{X} = Aritmetik ortalama, S= Standart sapma, ML= Maçka ladin, ÇL=Çayeli ladin, FF=Üre formaldehit, MÜF=Melamin üre formaldehit

Bölge farklılığı, buharlama, kurutma sıcaklığı, tutkal türü ve tabaka sayısının Ladin odunundan üretilen kontrplakların bazı mekanik özelliklerine etkisi

Tablo 2. Yedi Tabakalı kontrplakların eğilme direnci ortalama değerleri
Table 2. The average values of bending strenght of 7-layer plywoods

		Kurutma Sıcaklığı 110 °C							
		Buharlama Şartları		Buharlanmamış		6 saat buharlanmış		12 saat buharlanmış	
Örnek Grupları	Tutkal Türü	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF
ML	\bar{X}	65,39	54,84	62,56	57,69	64,99	48,68		
	S	(8,14)	(8,87)	(6,65)	(3,62)	(6,59)	(6,87)		
ÇL	\bar{X}	40,53	39,67	44,84	38,62	38,84	41,40		
	S	(6,00)	(3,02)	(3,85)	(3,70)	(5,39)	(3,15)		

		Kurutma Sıcaklığı 150 °C							
		Buharlama Şartları		Buharlanmamış		6 saat buharlanmış		12 saat buharlanmış	
Örnek Grupları	Tutkal Türü	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF
ML	\bar{X}	65,08	52,71	47,84	45,22	57,75	43,72		
	S	(7,96)	(5,87)	(5,30)	(4,20)	(2,46)	(4,27)		
ÇL	\bar{X}	37,06	40,44	35,81	38,52	43,65	35,88		
	S	(4,62)	(7,38)	(5,25)	(4,91)	(4,48)	(2,21)		

\bar{X} = Aritmetik ortalama, S= Standart sapma, ML= Maçka ladin, ÇL=Çayeli ladin, FF=Üre formaldehit, MÜF=Melamin üre formaldehit

Tablo 3. Bölge farklılığı, buharlama, kurutma sıcaklığı, tutkal türü ve tabaka sayısının eğilme direnci üzerine etkisine ilişkin Newman Keuls testi sonuçları (p<0,05)
Table 3. Results of Newman Keuls test related to effect of growth conditions, steaming, drying temperatures, types of adhesive and numbers of layer on the bending strenght (p<0,05)

Varyans Kaynağı	N	Eğilme Direnci (N/mm ²)	
Bölge			
Çayeli	480	41,86	a
Maçka	480	61,77	b
Buharlama			
Buharlanmamış	320	52,52	a
Buharlanmış (6 saat)	320	52,12	a
Buharlanmış (12 saat)	320	50,82	b
Kurutma Sıcaklığı (°C)			
110 °C	480	53,27	a
150 °C	480	50,36	b
Tutkal Türü			
MÜF	480	49,56	a
FF	480	54,08	b
Tabaka Sayısı			
5 tabaka	480	56,24	a
7 tabaka	480	47,40	b

Ladin tomruklardan üretilen kontrplak levhalar üzerinde yapılan varyans analizi sonucuna göre; bölge farklılığı, buharlama işlemi, tutkal türü ve kurutma sıcaklığı % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Maçka bölgesinden alınan ladin tomruklardan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri, Çayeli bölgesinden alınan ladin tomruklardan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerlerine göre yüksektir. Buharlanmamış tomruklarla üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleriyle 6 saat buharlanmış tomruklarla üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri arasında bir fark yoktur. 12 saat buharlanan tomruklarla üretilen kontrplakların eğilme direnci, buharlanmamış ve 6 saat buharlanmış

The effect of growth conditions, steaming, drying temperature, number of layers and type of adhesives on the some mechanical properties of plywoods produced from Spruce

tomruklarla üretilen kontrplaklardan düşük bulunmuştur. Kaplama kurutma sıcaklığı 110 °C olan kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri 150 °C olan kaplamalardan üretilen kontrplaklara nazaran biraz daha yüksektir.

Tutkal türü açısından FF tutkalıyla elde edilen kontrplakların eğilme direnci değerleri, MÜF tutkalıyla üretilen kontrplakların eğilme direnci değerlerinden daha yüksektir.

Tabaka sayısı açısından ise; 5 tabakalı üretilen kontrplakların eğilme direnci değerleri 7 tabakalı üretilen kontrplakların eğilme direnci değerlerine nazaran belirgin bir şekilde yüksektir.

Duglas odununun anatomik, fiziksel ve mekanik özellikleri konulu bir çalışmada Maçka, Tonya, Ayancık ve Işıktepe bölgelerinden alınan örnekler araştırılmış; rakımı en düşük olan (520 m) Işıktepe bölgesi Duglas odunlarının özgül ağırlık değerleri en yüksek değere sahiptir. Bu verilere paralel olarak da eğilme direnci ortalama değerleri en yüksek bulunmuştur (Ay, N., 1994). Aydın ve Çolakoğlu (2002) tarafından yapılan çalışmada, FF tutkalıyla üretilen Ladin kontrplaklarda kurutma sıcaklığının artışıyla eğilme direncinde azalma tespit edilmiştir. Örs ve arkadaşları (2001) tarafından Kavak kontrplaklar üzerinde yapılan çalışmada, FF tutkalı ile üretilen kontrplakların eğilme direnci ÜF ile üretilenlere göre daha yüksek bulunmuştur. Gündüz ve arkadaşları (2008) tarafından Karaçam üzerinde yapılan çalışmada da kurutma sıcaklığının artışıyla eğilme direncinde azalma tespit edilmiştir. Aydın ve Çolakoğlu (2003) tarafından yapılan çalışmada, ladin tomrukları 12 saat buharlama işlemine tabi tutulmuş ve buharlama işlemiyle eğilme direnci değerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Bir çalışmada ise tabaka sayısının eğilme direnci üzerine etkileri araştırılmış ve bu çalışmada da tabaka sayısının artışıyla, eğilme direncinde liflere dik yönde azalma liflere paralel yönde artış gözlenmiştir (Özen, R., 1981).

3.2. Kontrplak levhalarında eğilmede elastikiyet modülü

Bölge farklılığı, buharlama işlemi, kurutma sıcaklığı, tutkal türü ve tabaka sayısına göre kontrplak levhaların elastikiyet modülü değerleri ve çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 4, 5 ve 6'da verilmiştir.

Tablo 4. 5 tabakalı kontrplakların elastikiyet modülü ortalama değerleri
Table 4. The average values of modulus of elasticity of 5-layer plywoods

Kurutma Sıcaklığı 110 °C							
Örnek Grupları	Buharlama Şartları	Buharlanmamış		6 saat buharlanmış		12 saat buharlanmış	
	Tutkal Türü	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF
ML	\bar{X}	8218,14	8290,73	9282,22	7161,85	7224,29	6280,55
	S	(737,29)	(2078,17)	(629,64)	(789,46)	(487,61)	(264,49)
ÇL	\bar{X}	5153,40	4114,64	3912,05	4179,71	4780,94	4348,17
	S	(629,08)	(566,62)	(349,15)	(482,18)	(882,08)	(540,79)
Kurutma Sıcaklığı 150 °C							
Örnek Grupları	Buharlama Şartları	Buharlanmamış		6 saat buharlanmış		12 saat buharlanmış	
	Tutkal Türü	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF
ML	\bar{X}	7590,35	7273,93	6043,51	6728,81	7041,13	5313,80
	S	(1106,72)	(1046,01)	(677,80)	(533,14)	(497,33)	(850,13)
ÇL	\bar{X}	4948,22	4379,39	4504,66	4815,80	4747,94	4811,67
	S	(849,43)	(770,54)	(487,79)	(670,33)	(511,96)	(645,97)

X=Aritmetik ortalama, S= Standart sapma, ML= Maçka ladin, ÇL=Çayeli ladin, FF=Üre formaldehit, MÜF=Melamin üre formaldehit

Bölge farklılığı, buharlama, kurutma sıcaklığı, tutkal türü ve tabaka sayısının Ladin odunundan üretilen kontrplakların bazı mekanik özelliklerine etkisi

Tablo 5. 7 tabakalı kontrplakların elastikiyet modülü ortalama değerleri
Table 5. The average values of modulus of elasticity of 7-layer plywoods

Kurutma Sıcaklığı 110 °C							
Örnek Grupları	Buharlama Şartları	Buharlanmamış		6 saat buharlanmış		12 saat buharlanmış	
	Tutkal Türü	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF
ML	\bar{X}	7625,62	6741,41	7067,39	6406,44	10049,74	5849,74
	S	(939,03)	(1119,423)	(342,88)	(453,57)	(819,79)	(602,87)
ÇL	\bar{X}	4326,17	4560,37	4875,42	4109,03	4604,20	3974,87
	S	(958,82)	(954,65)	(836,72)	(40,55)	(519,62)	(724,41)

Kurutma Sıcaklığı 150 °C							
Örnek Grupları	Buharlama Şartları	Buharlanmamış		6 saat buharlanmış		12 saat buharlanmış	
	Tutkal Türü	FF	MÜF	FF	MÜF	FF	MÜF
ML	\bar{X}	6146,11	6698,59	5288,81	5298,39	4383,24	4665,67
	S	(1168,60)	(1199,38)	(646,61)	(432,67)	(288,65)	(685,02)
ÇL	\bar{X}	3790,59	4648,16	3414,32	3773,29	4746,05	3515,48
	S	(688,48)	(1300,05)	(829,39)	(342,22)	(682,06)	(415,21)

\bar{X} =Aritmetik ortalama, S= Standart sapma, ML= Maçka ladin, ÇL=Çayeli ladin, FF=Üre formaldehit, MÜF=Melamin üre formaldehit

Tablo 6. Bölge farklılığı, buharlama, kurutma sıcaklığı, tutkal türü ve tabaka sayısının elastikiyet modülü üzerine etkisine ilişkin Newman Keuls testi sonuçları (p<0,05)

Table 6. Results of Newman Keuls test related to the effect of growth conditions, steaming, drying temperatures, types of adhesive and number of layers on the modulus of elasticity (p<0,05)

Varyans Kaynağı	N	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	
Bölge			
Çayeli	480	4323,37	a
Maçka	480	6778,56	b
Buharlama			
Buharlanmamış	320	5827,66	a
Buharlanmış (6 saat)	320	5429,17	b
Buharlanmış (12 saat)	320	5396,07	b
Kurutma Sıcaklığı (°C)			
110 °C	480	5908,64	a
150 °C	480	5193,29	b
Tutkal Türü			
MÜF	480	5276,09	a
FF	480	5825,84	b
Tabaka Sayısı			
5 tabaka	480	5856,58	a
7 tabaka	480	5245,35	b

Ladin tomruklardan üretilen kontrplaklar üzerinde yapılan varyans analizi sonucuna göre; bölge farklılığı, buharlama işlemi, kurutma sıcaklığı, tutkal türü ve tabaka sayısı % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Maçka bölgesinden alınan Ladin tomruklardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri, Çayeli bölgesinden alınan Ladin tomruklardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerlerine göre yüksektir. Buharlanmamış tomruklardan elde edilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri, buharlanmış (6 ve 12 saat) tomruklardan elde edilen kontrplakların elastikiyet modülü değerlerinden yüksektir. 6 saat buharlanmış tomruklardan elde edilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri 12 saat buharlanmış tomruklardan elde edilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri arasında belirgin bir fark yoktur.

Kaplama kurutma sıcaklığı 110 °C olan kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerleri 150 °C olan kaplamalardan üretilen kontrplaklara nazaran daha yüksektir 5 tabakalı kontrplakların elastikiyet modülü değerleri 7 tabakalı kontrplaklardan yüksektir.

Kazdağı Göknarı odununun kontrplak endüstrisinde kullanıma olanaklarını inceleyen bir çalışmada Çanakkale Kazdağı/Ardıçbaşı mevkiinden (1300-1350m) alınan Göknar tomrukları kullanılmış ve MÜF tutkalı kullanılarak 7 tabakalı (13,1 mm kalınlıkta) kontrplak üretilmiştir. Kontrplakların lifler yönünde eğilmede elastikiyet modülü değerleri ortalaması 7207,44 N/mm²'dir, liflere dik yönde ise 2693,87 N/mm² bulunmuştur (Göker ve ark., 1999). Tan (1999) tarafından Okaliptus odunu üzerinde yapılan çalışmada da buharlama işleminin elastikiyet modülü üzerinde olumlu etki yaptığı tespit edilmiştir. Şahin (1998) yaptığı çalışmada buharlama süresi arttıkça kontrplakların elastikiyet modülünde artış gözlenmiştir. Aydın ve Çolakoğlu (2008) tarafından yapılan çalışmada da buharlama işlemiyle elastikiyet modülünün yükseldiği tespit edilmiştir. Gündüz ve arkadaşları (2008), Karaçam üzerinde yaptıkları çalışmada da kurutma sıcaklığının artışıyla elastikiyet modülünün azaldığını tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmaya göre de, tabaka sayısı arttıkça eğilmedeki elastikiyet modülü liflere dik yönde azalmakta ve liflere paralel yönde artmaktadır (Özen, R., 1981).

4. Tartışma ve Sonuç

Eğilme direnci en yüksek değer 6 saat buharlanmış ve 110 °C kurutma sıcaklığı ortamında fenol formaldehit tutkalı ile işlem görmüş 5 tabakalı (Maçka) ladin odununda 83,76 N/mm² gerçekleşirken, buharlanmamış ve 110 °C kurutma sıcaklığı ortamında fenol formaldehit tutkalı ile işlem görmüş 7 tabakalı (Maçka) ladin odununda 65,39 N/mm² olarak belirlenmiştir. °C

Elastikiyet modülü bakımından ise en yüksek değer 5 tabakalı kontrplak levhalarında 6 saat buharlanmış ve 110 °C kurutma sıcaklığı ortamında fenol formaldehit tutkalı ile işlem görmüş (Maçka) ladin odununda 9282,22 N/mm² gerçekleşirken, 7 tabakalı kontrplak levhalarında 12 saat buharlanmış ve 110 °C kurutma sıcaklığı ortamında fenol formaldehit tutkalı ile işlem görmüş (Maçka) ladin odununda 10049,74 N/mm² olarak belirlenmiştir. Yani kontrplaklara ait eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü sonuçlarının, binalarda beton ve betonarme kalıp tahtası olarak kullanılması uygun olduğu görülmektedir.

Doğu Karadeniz Yöresinin 2 farklı mevkiinden alınan Ladin ile üretilen kontrplakların mekanik testleri özellikle yapıda kullanım açısından uygun bulunmaktadır. Hammadde olarak, özellikle Bağımsız Devletler Topluluğu'ndan ithal edilen tomrukların ülkemize ekonomik yük getirdiği bilinmektedir. Sonuç olarak, yerli Ladin tomruklarımız tabakalı ağaç malzeme sektöründe daha yaygın bir şekilde kullanılabilir.

Kaynaklar

Ay, N., 1994. Douglas odununun anatomik, fiziksel ve mekanik özellikleri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Aydın, İ., 2004. Kaplama kurutma işleminde yüzey inaktivasyonu ve yapışma direncine etkileri, *Kafkas Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2), 1-8.

Aydın, İ., Çolak, S., 2003. Buharlama işlemi yapılmış ladin odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler, *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2) 63-67.

Aydın, İ., Demirkır, C., Çolak, S., Çolakoğlu, G., 2010. Çeşitli ağaç kabuğu unlarının kontrplaklarda dolgu maddesi olarak değerlendirilmesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt: V, 20-22 Mayıs 2010, s.1825-1833.

Aydın, İ., Çolakoğlu, G., Hızıroğlu, S., 2006. Surface characteristics of Spruce veneers and the strength of plywood as a function of log temperature in peeling process, *International Journal of Solid and Structures* 43, 6140-6147, DOI: 10.1016/j.ijssolstr.2005.05.034.

Aydın, İ., Çolakoğlu, G., 2008. Variations in bending and moduls of elasticity of spruce and alder plywood after steaming and high temperature drying, *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 15, 371-374.

Bal, C.B., Bektaş, İ., 2014. Some mechanical properties of plywood produced from eucalyptus, beech, and poplar veneer, *Maderas. Ciencia yTecnologia*, 16(1), 99-108, DOI:10.4067/S0718-221X2014005000009

Çakıroğlu, E.O., Aydın, İ., 2012. Huş odununun kayın odununa alternatif olarak kontrplak üretiminde değerlendirilmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel sayı, 50-55.

Çolakoğlu, G. ve Aydın, İ., 2002. The effect of steaming and veneer drying temperature on the weathering reactions wood based materials, Wood Composites and Chemistry International Symposium, September, Vienna.

Demirkır, C., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S., 2005. Melamin-üre formaldehit (MÜF) ile üretilmiş okume kontrplakların bazı özelliklerine orta tabakada kullanılan ağaç türünün etkisi, *Kafkas Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6(1-2), 94-101.

Demirkır, C., Çolakoğlu, G., Çolak, S., Aydın, İ., 2013. Çınar ağacının kontrplak üretimi için alternatif bir tür olarak değerlendirilmesi, *Ormancılık Dergisi*, 9(2), 9-13.

Göker, Y., Kantarcı, D., Akbulut, T., As, T., 1999. Kazdağı göknarı (*Abies equi-trojani*) odununun kontrplak endüstrisinde kullanılma olanakları, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A cilt 49, 27-41.

Gündüz, G., Korkut, S., Korkut, D. S., 2008. The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of Camiyanı Black pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) wood, *Bioresource Technology*, 99 (7), 2275-2280, ISSN:0960-8524.

Martitegui, A.F., Sanchez, P.F., Esteban, G.L., 2008. Characteristic values of the mechanical properties of radiata pine plywood and the derivation of basic values of the layers for a calculation method, *Biosystems Engineering*, 99, 256-266, DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2007.10.004.

Örs, Y., Çolakoğlu, G., Çolak, S., 2001. Kavak (*Populus x Euramerica ı 45/51*) kontrplakların çekme-makaslama ve eğilme direnci ile eğilmedeki elastiklik modülü üzerine bazı üretim faktörlerinin etkisi, *Politeknik Dergisi*, 4, 4, 25-32.

Örs, Y., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S., 2002. Kayın, Okume ve Kavak soyma kaplamalarından farklı kombinasyonlarında üretilen kontrplakların bazı teknik özelliklerinin karşılaştırılması, *Politeknik Dergisi*, 5(3), 257-265.

Özalp, M., Atılğan, A., Esen, Z., Kaya, S., 2009. Comparing the resistance and bending in the plywoods which each made with different glues, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Sayı 18, 99-104.

Özen, R., 1981. Çeşitli faktörlerin kontrplağın fiziksel ve mekanik özelliklerine yaptığı etkilere ilişkin araştırmalar, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları*, Yayın No: 9, Trabzon.

Şahin, A., 1998. Okalıptus odunundan üretilen kontrplakların bazı teknolojik özellikleri üzerine tomruk buharlama süresinin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Tan, H., 1999. Buharlanmış ve buharlanmamış Okaliptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Tan, H., 2011. Farklı bölgelerde yetişen Ladin ve Gökmar tomruklarından üretilmiş LVL ve kontrplakların bazı teknolojik özellikleri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Tan, H., Çolakoğlu, G., 2010. Dolgu maddesi olarak Meşe palamut unu kullanımının Kayın ve Okume kontrplak levhalarında bazı mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt: V, 20-22 Mayıs 2010, s.1819-1824.

Toksoy, D., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S., Demirkır, C., 2006. Technological and economic comparison of the usage of beech and alder woods in plywood and laminated veneer lumber manufacturing, *Building and Environment*, 41, 872-876, DOI:10.1016/j.buildenv.2005.04.012.

TS EN 310, 1998. Ahşap Esaslı Levhalar, Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, 1. Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 326-1, 1999. Ahşap esaslı levhalar-Numune alma kesme ve muayene, Bölüm 1: Deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Zhong, Z.W., Hızıroğlu, S., Chan, C.T.M., 2013. Measurement of the surface roughness of wood-based materials used in furniture manufacture, *Measurement*, 46, 1482-1487, DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2012.11.041.