

Tabakalı kaplama kerestede lif yönü değişkenliğinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi

Elif Duran^a, Vedat Çavuş^{b,*}

Öz: Tabakalı kaplama kereste (TAK), odun kaplamalarının ve tutkalların katmanlarını oluşturduğu kompozitlerdir. Bir yapı malzemesi olan TAK, soyma yöntemi ile elde edilen kaplamaların lif yönünde birbirlerine paralel olarak sıralanarak yapıştırılmasıyla oluşur. Bu çalışmada Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ile üretilmiş ve belirli katmanlarda lif yönü farklı açılarla değiştirilmiş TAK'ın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada poliüretan tutkalı tercih edilmiştir. Denemeler için 1 adet kontrol grubu ve 2 adet deney grubu oluşturulmuş, TAK 11 tabakalı olarak üretilmiştir. Deney numunelerinin üretiminde basma yönünün karşısında bulunan çekme yönüne denk gelecek şekilde TAK'ın lif yönü değişikliği kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° olacak şekilde deney numuneleri üretilmiştir. Üretilen deney numunelerinin fiziksel özelliklerden hava ve fırın kurusu yoğunluk, su alma ve kalınlıkça artış denemeleri ile mekanik özelliklerden eğilme direnci, eğilmeye elastikiyet modülü, dinamik eğilme direnci, Janka, vida tutma kapasitesi ile çekme-makaslama direnci tespit edilmiştir. Lif yönü değişikliğinin TAK'ın fiziksel ve mekanik özelliklerinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° deney numune grupları için sırasıyla; Eğilme direnci değerlerinde, %3,8, %32,4, eğilmeye elastikiyet modülü değerlerinde %15,42, %26,08, dinamik eğilme direnci değerlerinde %9,80 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° deney numune grupları için sırasıyla; statik sertlik değerlerindeki %2,48, %14,44, çekme-makaslama direnci %40, %31,52 ve vida tutma kapasitesi %4,21 %28,13 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tabakalı kaplama kereste, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler, Lif yönü, Poliüretan tutkal

Influence of wood grain variations on some physical and mechanical properties of laminated veneer lumber

Abstract: Laminated veneer lumber is a composite of layers of wood veneers and glues. Laminated veneer lumber, which is a building material, is formed by gluing the veneers obtained by peeling method by aligning them parallel to each other in the fiber direction. In this study, some physical and mechanical properties of laminated veneer lumber produced with Eastern Beech (*Fagus orientalis* L.) and the fiber orientation was changed at different angles in certain layers were investigated. Polyurethane glue was preferred in this study. For the experiments, 1 control group and 2 experimental groups were prepared. The laminated veneer lumber was produced in 11 layers. In the manufacturing of the test specimens, the fiber orientation of the laminated veneer lumber was produced as Control, 0°90°0° and 0°90°45°0° to coincide with the tensile direction opposite to the compression direction. The specimens were tested for physical properties such as air and oven dry density, water absorption and thickness swelling, and mechanical properties such as flexural strength, flexural modulus of elasticity, dynamic flexural strength, Janka hardness, screw holding capacity and tensile shear strength. It was found that fiber orientation causes a decrease in the physical and mechanical properties of laminated veneer lumber. It was determined that for the control, 0°90°0° and 0°90°45°0° test specimen groups; 3.8%, 32.4%, 15.42%, 26.08%, 9.67% and 9.31% decrease occurred in bending resistance values, modulus of elasticity in bending values, dynamic bending resistance values, respectively. For the control, 0°90°0° and 0°90°45°0° test specimen groups; 2.48%, 14.44%, 40%, 31.52%, 4.21%, 28.13%, 4.21% and 28.13% decrease in static hardness values, tensile-shear resistance, and screw holding capacity, respectively.

Keywords: Laminated veneer lumber, Physical properties, Mechanical properties, Grain orientation, Polyurethane adhesive

1. Giriş

Dünya üzerinde en fazla fiyat artışına uğrayan malzemelerden biri olan ağaç malzemenin; orman kesiminde uygulanan kısıtlamalar, çevre kuruluşlarının oluşturduğu baskılar, orman alanlarındaki azalmalar dolayısıyla tedarik edilmesi her geçen gün daha da güçleşmektedir. Fiyatlardaki bu artış ve aynı zamanda ağaç konstrüksiyon malzemesi olarak kullanılacak boyutlarda kerestelerin bulunabilme güçlüklerini beraberinde getirip bu malzemelerin değişik

yollarla üretimini zorunlu kılmıştır. Bunun sonucunda daha küçük çaplı, hızlı gelişen, az bilinen ve ekonomik anlamda pek fazla değeri olmayan ağaçların orman endüstrisine “mühendislik ürünü ağaç malzemeler” (MAM) üretiminde kullanılması mümkün hale gelmiştir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

MAM; yaygın olarak “Engineered Wood Products (EWP)” olarak bilinmektedir. MAM; kereste, kaplama, yonga, şerit yongalar ve lif gibi ağaç esaslı parçaların tutkallanarak, sıcaklık ve basınç altında preslenerek şekil

✉ ^a Aliağa Adalet Çok Programlı Anadolu Lisesi, İzmir, Türkiye
^b İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

✉ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): vedat.cavus@ikc.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 11.07.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 06.11.2024



Citation (Atıf): Duran, E., Çavuş, V., 2025. Tabakalı kaplama kerestede lif yönü değişkenliğinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 65-76.
DOI: [10.18182/tjf.1514459](https://doi.org/10.18182/tjf.1514459)

verilmesiyle elde edilen kompozit malzemelerdir (Herajarvi vd., 2004). Bu ürünler yapısal kompozit keresteler (Structural Composite Lumbers), yapısal odun levhalar (Structural Composite Boards), tabakalanmış ağaç malzeme (Glued Laminated Timber) ve -I-kirişler (Wood I-joist) olmak üzere dört ana kısma ayrılabilir (Kurt vd., 2011).

Bu ürünlerin üretimleri sayesinde tomruktan yararlanma yüzdesi artmıştır. MAM kereste ya da yapısal diğer ağaç malzeme ürünlerine göre birçok avantaja sahiptir. MAM'lar kereste ile karşılaştırıldıklarında boyutsal stabilite ve direnç özellikleri yüksektir. Üretimleri kontrol edilebildiğinden fiziksel ve mekanik özelliklerinde daha az değişkenlik gösterirler (Carrick ve Mathieu, 2005). Piyasadaki rekabet ve yeni teknolojilerin daha önce pahalı ya da imkânsız olan üretilere olanak sağlaması; MAM'ın gelişmesindeki en önemli etkenler olarak sıralanabilir (Kurt vd., 2003).

Tabakalı kaplama kereste (TAK), üretilmiş en önemli mühendislik ürünü kerestelerden biridir. Bir yapı malzemesi olan TAK, soyma kaplamaların lif yönünde birbirlerine paralel olarak sıralanarak yapıştırılmasıyla oluşur. Diğer bir deyişle TAK odun kaplamalarının ve tutkalların katmanlarını oluşturduğu kompozitlerdir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004). TAK çam, göknar, güney çamı gibi ağaçların temel olarak her kaplama ve levhaların lifleri birbirine paralel olarak sıraya dizilmiş kaplama ve tabakalarını içerir. Günümüzde üretilen ve ticari olarak satılan bazı TAK'larda kayın soyma kaplamaların kullanıldığı ve Avrupa'da "BauBuche" ürün adı altında, yenilikçi yapısal uygulamalar için kullanılmakta olan bir üründen tüm kaplamaların aynı yönde yönlendirildiği "BauBuche S" ve enine yönde kaplamalara sahip "BauBuche Q" kayın TAK çeşitleri mevcuttur (Hassan ve Eisele, 2015).

Tipik TAK üretim süreci içinde yaklaşık 3 mm kalınlığındaki soyma kaplamalar kurutulur ve daha sonra kaplamalar sınıflandırılır. Rutubete dayanıklı yapısal tutkal (genellikle FF) sürüldükten sonra düşük kaliteli kaplamalar iç tabakalara, yüksek kalitedeki kaplamalar ise yüz kısmına yerleştirilir. Kaplamalar prese sokularak yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenir. TAK sabit veya kademeli preslerde preslenir ya da sürekli preslerde istenilen boyda üretilir (Nelson, 1997). Kaplama bazı kompozitlerin geleneksel masif ahşaba göre iyi boyutsal stabilite, yüksek homojenlik, yüksek mukavemet, iyi stres dağılımı, daha düşük işleme maliyetleri, daha büyük boyutlarda bulunabilirlik ve daha iyi görünüm gibi birçok avantajı vardır (Kamala vd., 1999; Wong vd., 1996).

TAK ürünlerinin mekanik ve fiziksel özellikleri, bileşen malzemelerin özellikleri, üretim süreci, yapıştırıcı ve ürünün kullanım yerleri dikkate alınarak belirlenir (Lam, 2001). TAK yapısal ve yapısal olmayan uygulamalar için

kullanılabilir, böylece daha az çevre dostu olan beton ve çeliğin yerine ikame edilebilir (Ozarska, 1999; Lam, 2001).

TAK üzerine yapılan birçok araştırma çoğunlukla fiziksel ve mekanik bazı özelliklerine odaklanmıştır (Sasaki vd., 1993; Kamala vd., 1999; González, vd., 2004; Kurt vd., 2011). TAK oluşumunda yer alan kaplama lif yönü değişikliği üzerine yapılmış çalışmalar literatürde oldukça sınırlıdır. Anizotropik bir malzeme olan TAK'ın lif doğrultusunun basınç ve çekme yönündeki değişimi, malzemenin mekanik özelliklerini, davranışını etkileyebilir ve nihai kullanım alanı üzerinde önemli etkiler yaratır. Bu çalışmada TAK üretiminde kullanılan liflerin çekme yönüne basınca maruz kalacak şekilde düzenlenerek kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ile üretilmiş ve belirli katmanlarda lif yönü farklı açılarla değiştirilmiş TAK'ın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ülkemizdeki en önemli sert ağaç türlerinden biri olup özellikle kontrplak endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir ağaç türüdür. Kayın ağacının mekanik özelliklerinin hızlı büyüyen ve iğne yapraklı kerestelere kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğundan dolayı bu çalışmada tercih edilmiştir. Bu çalışmada, TS 1002 Soyma kaplamalık kayın tomruğu (1979) standartında uygun olarak doğu kayınından (*Fagus orientalis* L.) soyma yöntemi ile elde edilmiş kaplamalar tercih edilmiştir. Deneyler için kullanılan kaplamalar, İzmir'de faaliyet gösteren bir fabrikadan temin edilmiştir. Deney numunelerinin üretiminde kullanılacak kaplamaların; budaksız, düzgün lifli ve çürük olmamasına dikkat edilmiştir. Poliüretan tutkalı; ambalajı açıldıktan sonra yüzeylere doğrudan uygulanabilen ve çift bağlı alkoller ve uygun izosiyanatların birleşmesiyle üretilen bir tutkal türüdür. Bu yapıştırıcının kohezyon ve adezyon kuvvetleri son derece yüksek olup asitlere, yağlara, kaynar suya ve mikroorganizmalara karşı dayanıklıdır. Oda sıcaklığında %65 bağıl nem koşullarında, sertleşme süresi yaklaşık 60 dakika olup reaksiyonu tamamlandığında hacmi yaklaşık olarak 20 katına kadar genişler ve yapıştırıcı katında çekme olmaz. Sıcaklık artışı, sertleşme süresini kısaltır (URL- 1). Yukarıda açıklanan sebeplerle bu çalışmada poliüretan tutkalı tercih edilmiştir. Üretimde kullanılan tutkalın bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. PURBOND® HB S309 tutkalının özellikleri

Table 1. Properties of Purbond® HB s309 adhesive

Temel bileşeni	Izosiyanat polimer
Montaj süresi	30 dakika
Presleme süresi	75 dakika
Görünüş	Bej sıvı
Vizkozite	24.000 m Pa.s (Sp.6 / 20 rpm / 20°C, üretimden sonraki 16 – 36 saat arasında yapılan ölçüm)

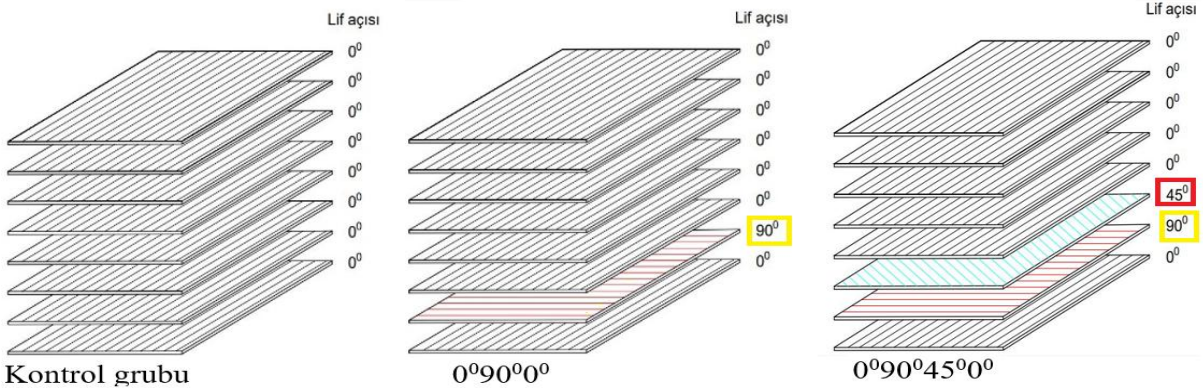
2.2. Yöntem

Denemeler için 1 adet kontrol grubu ve 2 adet deney grubu oluşturulmuştur. TAK üretilecek deney numunelerinin standarttaki kalınlık elde etmek için 8 (3 X 8=22 mm) tabakalı olarak üretilmiştir. Kontrol grubu levhaları 8 tabaka oluşan kaplama lif yönleri tamamen birbirine paralel olarak yapıştırılmıştır. Deney grubu levhaları ise 8 tabakadan oluşan 2 farklı kombinasyon da üretilmiştir. Bu kombinasyonlar deney gruplarında lif açıları $0^{\circ}0^{\circ}0^{\circ}0^{\circ}0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$ ve $0^{\circ}0^{\circ}0^{\circ}0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$ (2.grup) olacak şekilde üretilmiştir (Şekil 1).

Temin edilen 2,0 mm kalınlığındaki kaplamalar, 600 mm genişliğinde ve 600 mm uzunluğundaki kesilmiş ve bu kaplamalar 8 tabaka olacak şekilde tutkallanarak (Şekil 2A) lif yönlerindeki açılar dikkat edilerek taslak haline getirilmiş (Şekil 2B) ve daha sonra preslenmiştir. Tutkal miktarı olarak, levhaların yüzeylerine her metrekaare başına yaklaşık 180 gr/m² uygulanmıştır (Şekil 2C). Pres süresi 24 saat ve pres basıncı 0,7 N/mm² olarak ayarlanmış ve deney numuneleri oda sıcaklığında hidrolik soğuk presle (Cemil USTA/SSP-

180) preslenmiştir. Üretilen deney numunelerinin, lif yön açıları ve adetlerin reçetesi Çizelge 2’de ve numunelerin test türüne göre ölçülendirilmiş görüntüleri ise Şekil 3’te gösterilmiştir.

Presten çıkan TAK’ın boyutları 600 mm uzunluğunda, 600 mm genişliğinde ve 21 mm kalınlığındadır. TAK, daire testere (Törk/AC 1500) makinesi kullanılarak ilgili standartta belirtilen boyutlarda kesilmiştir. Özellikler üzerinde kenara bağlı herhangi bir etkiden kaçınmak için, her bir TAK’ın kenarlarının 50 mm’si kesilerek atılmış ve nihai boyutları yaklaşık 500 mm × 500 mm × 20 mm’ye düşürülmüştür. Levhalar pres sonrası 1 ay boyunca oda sıcaklığında klimatize edilmiş ve bu bekleme süresinin sonunda sabit ağırlığa ulaşana kadar %12 nem içeriğine ulaşmak için $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl neme sahip bir iklimlendirme kabininde (Nuve TK) tutulmuştur. Test numuneleri, ilgili standartlarda belirtilen boyutlardan her yönde 1 mm daha büyük kesilmiş ve yüzeylerinin pürüzsüz olmasını sağlamak için kontak zımpara (Jet/JWDS-2244OSC-M) makinesinde standartta belirtilen net ölçülere getirilmiştir.



Kontrol grubu

Şekil 1. Deney gruplarının lif yönü.

Figure 1. Grain orientation of test groups



Şekil 2. Deney gruplarının Üretimi A) Tutkal miktarının ayarlanması, B) Tutkalın yüzeye uygulanması, C) Lif yönü.

Figure . Manufacturing of Test Groups A) Adjustment of Adhesive Amount B) Application of Adhesive to the Surface C) Fiber Orientation

Üretilen TAK fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için kullanılan test adı, numune ölçüleri ve uygulanan standartlar Çizelge 3'te verilmiştir. Her bir deney için toplam 20 numune test edilmiştir. Eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve dinamik eğilme direnci testleri için kuvvet teğet yüzeye uygulanmıştır. Deney numunelerinin lif yönü değişikliği yapılan yüzeyleri çekme yönüne gelecek şekilde ayarlanmıştır. Eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü testleri için, test numunesinin yerleştirildiği silindirik başlıkların merkezleri arasındaki mesafe, test numunesinin kalınlığının 13 katı olarak ayarlanmıştır (20 mm x 13 = 260 mm). Deneyler Robotest yazılım programına sahip ALŞA marka, hidrolik sistemle çalışan, malzeme test cihazında yapılmıştır. Yük, hızla yüklenen test numunesinin yüzeyine sabitlenmiş ve test numuneleri yüklenmeye başladıktan sonra test hızı $1,5 \pm 0,5$ dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Test numunelerinin kopma kuvveti (Pmax) belirlendikten sonra σ_E hesaplanmıştır.

Çizelge 2. TAK üretim reçetesi

Table 2. LVL manufacturing recipe

Üretilen örnekler	Lif yön açısı
Kontrol grubu	0°0°0°0°0°0°0°
1.Grup	0°90°0°0°0°0°0°
2.Grup	0°90°45°0°0°0°0°



Şekil 3. Deney numuneleri

Figure 3. Test samples

Çizelge 3. Numuneler için test prosedürü

Table 3. Test Procedure for Samples

Deney	Numune ölçüleri (mm)	Uygulanan standartlar
HKY	20 x 20 x 30	TS ISO 13061-1 (2021)
TKY	20 x 20 x 30	TS ISO 13061-2 (2021)
KA	15,2 x 15,2 x 2,54	ASTM D1037 (2006)
SA	15,2 x 15,2 x 2,54	ASTM D1037 (2006)
ED	20 x 20 x 360	TS ISO 13061-3 (2021)
EEM	20 x 20 x 360	TS ISO 13061-4 (2021)
DD	20 x 20 x 300	TS ISO 13061-10 (2021)
VTK	50 x 50 x 50	TS EN 13446 (2005)
ÇMD	20 x 25 x 100	TS 3969 EN 314-1 (1998)
Sertlik	50 x 50 x 50	TS ISO 13061-12 :2021;

HKY: Hava kuru yoğunluk; TKY: Tam kuru yoğunluk; KA: Kalınlıkça artış; SA: Su alma; ED: Eğilme direnci; EEM: Eğilmede elastikiyet modülü; DD: Darbe direnci; VTK: Vida tutma kapasitesi; ÇMD: Çekme makaslama direnci.

Darbe direncinin belirlenmesi için test numunelerinin yerleştirildiği desteklerin merkezleri arasındaki mesafe 240 mm olacak şekilde ve numunelerinin lif yönü değişikliği yapılan yüzeyleri gelen darbe kuvvetini karşılayacak şekilde ayarlanmıştır. Darbe direnci testleri Alşa marka analog göstergeli test cihazında yapılmıştır. Vida tutma kapasitesi teğet yüzeyde ve her vida lif yönü değişikliğini geçecek şekilde belirlenmiştir. Çalışmada 4 mm çapında ve 50 mm uzunluğunda vidalar tercih edilmiştir. İlk olarak, numunelerin merkezi pilot delik için 2,5 mm çapında bir matkap ucu ile delinmiştir. Delik delme işlemi sırasında vidanın lif yönü değişikliği yapılan yüzeye gelmesine dikkat edilmiştir. Vidalar pilot delikten 15 mm uzağa test numunelerine vidalanmıştır. Test hızı, 5 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Çekme-makaslama direnci denemeleri, 10 tonluk bir evrensel test cihazı kullanılmıştır. Yükleme hızı 2 mm/dak olarak artırılmıştır. Deney örneklerinin yapışma bölgelerinde kopma anında meydana gelen maksimum çekme kuvveti N cinsinden kaydedilmiştir. Yapışma testleri tutkal hattına paralel olacak şekilde ve lif yönü değişikliğinin yapıldığı yerlerden açılan çentiklerle yapılmıştır. Her bir deney parçası, yüzeydeki tabakanın lif yönünde kesilmiş ve biçme uzunluğu: 25 ± 5 mm, biçme eni: 25 ± 5 mm, testere kesiminin eni: 2,5- 4 mm kelepçelerin uzaklığı: 50 mm olarak ayarlanmıştır (Şekil 4). Her grup için belirlenen kuvvet (Fmax), yapışma yerinin yüzey alanı A ile bölünerek yapışma derzinde meydana gelen maksimum yapışma direnci (σ_{cm}), hesaplanmıştır.

Test örneklerinden elde edilen sonuçlar, IBM SPSS 22.0 Programında (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) varyans analizi (ANOVA) uygulanarak gruplar arasındaki anlamlı farkı ($\alpha < 0,05$) belirlemek için Tukey post-hoc analiz testine tabi tutulmuştur.

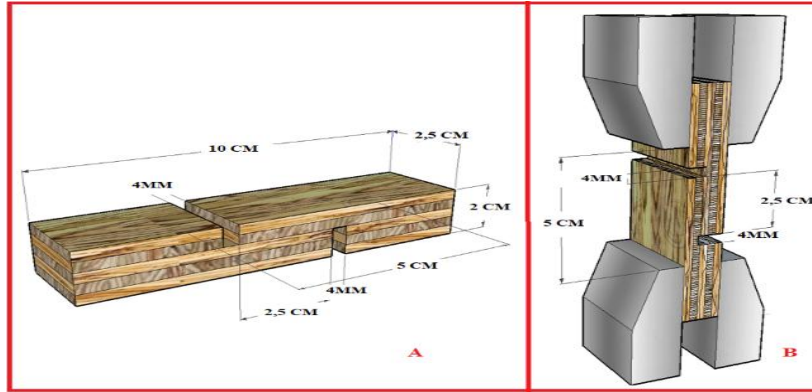
3. Bulgular ve tartışma

Deney numunelerinden elde edilen fiziksel özelliklere ait değerler Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Deney numunelerin hava ve fırın kuru değerleri Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde kontrol, $0^\circ 90^\circ 0^\circ$ ve $0^\circ 90^\circ 45^\circ 0^\circ$ numune gruplarının ortalama hava kuru yoğunluklarının sırasıyla 0,75, 073 ve 0,73 gr/cm^3 iken tam kuru yoğunluklarının ise sırasıyla 0,71, 0,66 ve 0,68 gr/cm^3 olarak tespit edilmiştir. Deney numunelerinin hem HKY hem de TKY yoğunlukları üzerinde lif yönü değişikliğinin hiçbir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Kayın odununun hava ve tam kuru yoğunluklarının belirlenmesi için yapılan önceki çalışmalarda üzerinde yapılan bazı çalışmalarda bu odunun tam kuru yoğunluk değeri 0,65 ve hava kuru yoğunluk değeri 0,66 g/cm^3 (Malkoçoğlu, 1994); 50 saat buhar ile muamele görmüş kayın odununun tam kuru yoğunluk değeri 0,62 ve hava kuru yoğunluk değeri 0,63 g/cm^3 (Ünsal, 1998) olarak tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada bu odunun tam kuru yoğunluk değeri 0,63 ve hava kuru yoğunluk değeri 0,65 g/cm^3 olarak tespit edilmiştir. Kayın kaplama kullanılarak farklı tutkal türleri ile üretilen TAK tam kuru yoğunluk değeri 0,63 (ÜF), 0,62 (MÜF) ve 0,65 (FF) ve hava kuru yoğunluk değeri tam kuru yoğunluk değeri 0,66 (ÜF), 0,65 (MÜF) ve 0,68 (FF) olarak tespit edilmiştir (Bal, 2013; Bal, 2014); farklı ağaç türlerinden elde edilen kaplamalar ile üretilmiş tabakalı ağaç malzemenin yoğunlukları elde edildiği malzemeye göre yoğunluklarının daha yüksek tespit edildiği ve yoğunlukta bu artışın tutkal miktarı, tutkalda kullanılan dolgu maddeleri, katkı maddeleri

ve pres basınç miktarının etkili olduğu belirtilmiştir (Bao vd., 2001; Wang ve Dai, 2005; Burdurlu vd., 2007; Çolak vd., 2007; Kurt, 2010). Kontrol numuneleri ile diğer gruplar karşılaştırıldığında ise kontrol numunelerinin hava kurusu yoğunluk ve tam kuru yoğunluklarının diğer gruplardan fazla olduğu gözlenmiştir. Bu durum kaplamaların tomruktan elde

edildiği yer, kaplamada bulunan diri odun, öz odun miktarı, pres basıncı, kullanılan tutkal miktarı ve masif odunun yoğunluğunun tomruğun hangi bölgesinde ölçüldüğü ile açıklanabilir (Bal, 2013; Bal, 2014) Odunun yoğunluğunun yüksek olması diğer mekanik özelliklerinin de yüksek olabileceğine bir işarettir (Haygreen ve Bowyer, 1996).



Şekil 4. Çekme makaslama direnci deney düzeneği.

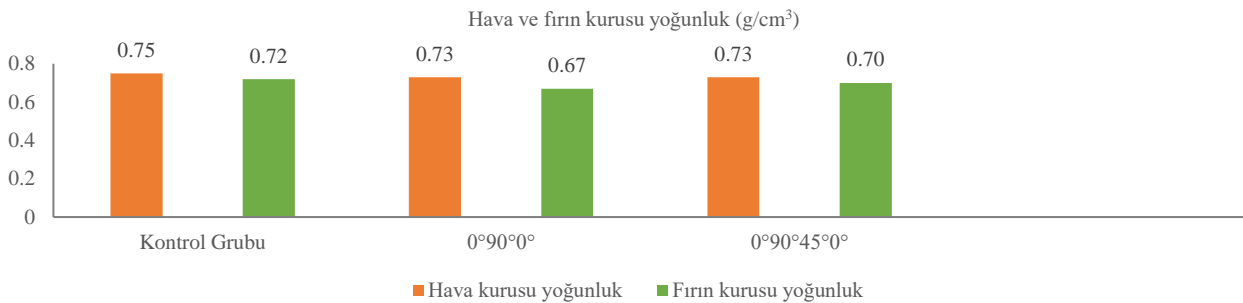
Figure 4. Tensile-shear strength test setup

Çizelge 4. Deney numunelerinden elde edilen fiziksel özelliklere ait değerler

Table 4. Physical properties of test samples

Test	Grup	Min.	Max.	\bar{x}	σ	
HKY (gr/cm ³)	Kontrol	0,73	0,78	0,75	2,08	
	0°90°0°	0,71	0,75	0,73	4,78	
	0°90°45°0°	0,70	0,76	0,73	6,01	
TKY (gr/cm ³)	Kontrol	0,69	0,74	0,71	0,016	
	0°90°0°	0,63	0,69	0,66	0,021	
	0°90°45°0°	0,66	0,70	0,68	0,006	
KA (%)	2 saat	Kontrol	0,50	2,85	1,45	0,74
	22 saat	Kontrol	3,36	5,99	4,49	0,66
	2 saat	0°90°0°	0,91	5,43	2,37	1,30
	22 saat	0°90°0°	4,86	17,22	9,22	3,92
	2 saat	0°90°45°0°	0,70	5,95	2,52	1,75
	22 saat	0°90°45°0°	4,66	12,18	7,43	3,21
SA (%)	2 saat	Kontrol	40,78	43,64	42,10	0,936
	22 saat	Kontrol	46,20	49,55	47,85	1,090
	2 saat	0°90°0°	39,50	44,92	41,85	2,263
	22 saat	0°90°0°	44,58	49,90	47,08	1,860
	2 saat	0°90°45°0°	38,04	44,25	40,05	2,227
	22 saat	0°90°45°0°	43,06	49,90	45,02	1,592

HKY: Hava kurusu yoğunluk; TKY: Tam kuru yoğunluk; KA: Kalınlıkça artış; SA: Su alma; Max: En yüksek değer; Min: En düşük değer; \bar{x} : Ortalama değer; σ : Standart sapma.



Şekil 5. Deney numunelerin hava ve fırın kurusu değer grafiği

Figure 5. Air-dried and oven-dried values graph of test samples

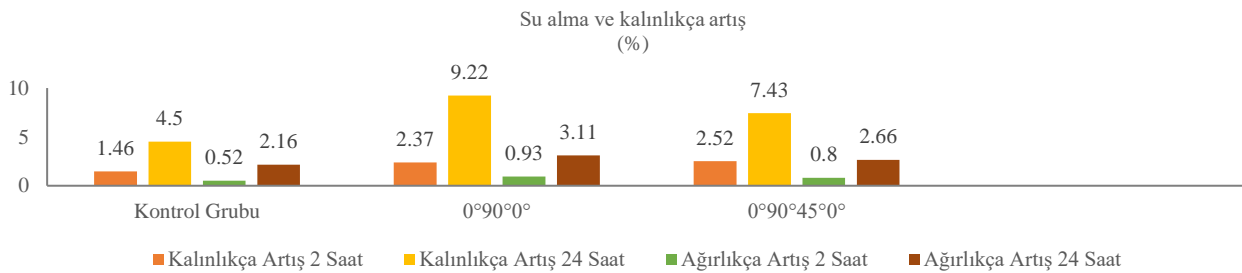
Deney numunelerinin kalınlıkça artış ve su alma değerleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının 2 saat sonunda ortalama kalınlıkça artış yüzdeleri sırasıyla %1,45, 2,37 ve 2,52 olarak tespit edilirken bu artış 22 saat sonunda yine aynı sıralamayla %4,49, 9,22 ve 7,43 olarak tespit edilmiştir. 2 saat sonunda en yüksek kalınlıkça artış ise, 0°90°0° deney numunelerinde meydana gelmiştir. Kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının 2 saat sonunda ortalama su alma miktarı yüzdeleri sırasıyla %42,10, 41,85 ve 40,05 olarak tespit edilirken bu artış 22 saat sonunda yine aynı sıralamayla %47,85, 47,08 ve 45,02 olarak tespit edilmiştir. 2 saat ve 22 saat sonunda en yüksek su alma miktarı ise, 0°90°0° deney numunelerinde meydana gelmiştir. Deney numunelerinin kalınlıkça artma ve su alma değerleri üzerinde lif yönü değişikliğinin etkili olmadığı suda bekleme süresinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Kayın odunu yoğunluğu yüksek olan bir türdür. Yoğunluğu yüksek olan ağaç malzemedeki hücre çeper maddesi miktarı fazla, boşluk miktarı az olduğu için aldığı kalınlıkça artma ve su alma miktarı düşük olur. Yoğunluğa ek olarak kayın kaplamaların katman hale getirildiğinde araya tutkal sürülmesi, pres basıncı ve pres sıcaklığının da kalınlıkça artma ve su alma miktarı üzerinde etkisi vardır (Özen 1981; Sulaiman vd., 2009; Shukla ve Kamdem, 2009; Bal, 2011; Kurt ve Cil, 2012).

Deney numunelerinden elde edilen mekanik özelliklere ait değerler Çizelge 5'te gösterilmiştir. Deney numunelerinin eğilme direnci değerleri Şekil 7'de ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri ise Şekil 8'de gösterilmiştir.

Şekil 7 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama eğilme direnci değerleri

sırasıyla 116,42, 100,19 ve 74,51 N/mm² olarak tespit edilmiştir. En yüksek eğilme direnci değeri kontrol numunelerinde tespit edilmiştir. Deney numunelerinin eğilme direnci değerleri üzerinde lif yönü değişikliğinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Gruplar arası fark incelendiğinde eğilme direnci testi (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol grubu numuneleri ile farklı lif yön açılarıyla üretilen numunelerin eğilmede elastikiyet değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu bulunmuştur (p<0,05). Bu sonuç, Yapılan çalışmalarda kaplamaların lif yönlerinin paralel diziliminin ahşap paneller veya mühendislik ürünü keresteler içerisinde, liflerin yönünün dik diziliminden daha yüksek bir eğilme direncine sahip hale getirdiği ifadeleriyle uyumludur (Tenorio vd., 2011; Alamsyah vd., 2023).

Şekil 8 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri sırasıyla 11300,34, 9558,17 ve 8385,28 N/mm² olarak tespit edilmiştir. En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri kontrol numunelerinde en düşük ise 0°90°45°0° numune gruplarında tespit edilmiştir. Gruplar arası fark incelendiğinde eğilmede elastikiyet testi (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol grubu numuneleri ile farklı lif yön açılarıyla üretilen numunelerin eğilmede elastikiyet değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu bulunmuştur (p<0,05). Lif yönleri paralel olarak konumlandırılmış kaplama levhalarının yapışma mukavemetinin; çapraz konumlandırılmış kaplama lif yönünden daha yüksek olacağı ve yapışma mukavemetinin de üretilen malzemenin mekanik özelliklerini etkileyeceği literatürde belirtilmiştir. Bu anlamda elde edilen veriler literatürle uyumludur. (Kılıç vd., 2010; Tenorio vd., 2011; Prakash vd., 2019; Alamsyah vd., 2023).



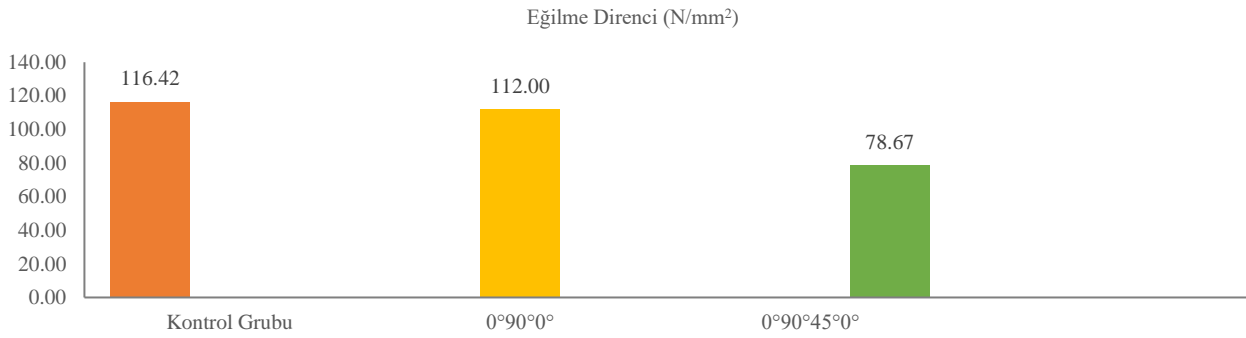
Şekil 6. Deney numunelerinin kalınlıkça artış ve su alma değer grafiği

Figure 6. Thickness increase and water absorption value graph of test samples

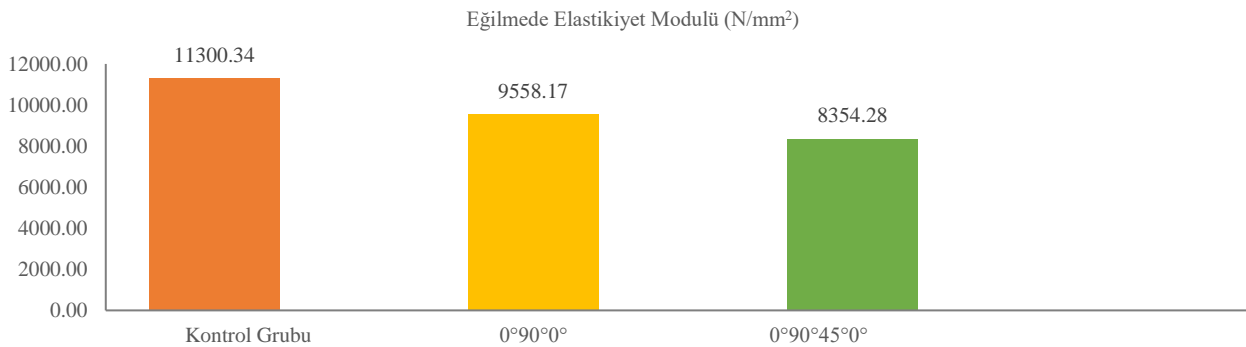
Çizelge 5. Deney numunelerinden elde edilen mekanik özelliklere ait değerler
Table 5. Values of mechanical properties obtained from test samples

Test	Numune adı	Min.	Max.	\bar{x}	σ
ED (N/mm ²)	Kontrol	100,57	132,82	116,42	9,80
	0°90°0°	82,29	112	100,19	8,01
	0°90°45°0°	68,67	78,67	74,51	3,95
EEM (N/mm ²)	Kontrol	8555,52	12115,09	11300,33	1082,03
	0°90°0°	7299,64	10863,19	9558,17	938,60
	0°90°45°0°	7430,29	9277,89	8354,28	607,19
DD (kgm/cm ²)	Kontrol	2,4	3,4	3,06	0,30
	0°90°0°	2,2	3,6	2,86	0,50
	0°90°45°0°	2,5	3,8	2,96	0,45
VTK (kN/mm)	Kontrol	35,50	41,70	3,79	1,97
	0°90°0°	32,00	39,50	3,63	2,50
	0°90°45°0°	22,50	32,30	2,72	2,45
ÇMD (N/mm ²)	Kontrol	3,62	5,09	4,33	0,44
	0°90°0°	1,32	4,84	2,60	1,03
	0°90°45°0°	1,46	4,19	2,97	0,92
Sertlik	Kontrol	60,40	79,40	72,91	5,12
	0°90°0°	75,26	62,30	71,10	6,53
	0°90°45°0°	48,90	72,00	62,39	6,75

ED: Eğilme direnci; EEM: Eğilmede elastikiyet modülü; DD: Darbe direnci; VTK: Vida tutma kapasitesi; ÇMD: Çekme makaslama direnci; Max: En yüksek değer; Min: En düşük değer; \bar{x} : Ortalama değer; σ : Standart sapma.



Şekil 7. Deney numunelerinin eğilme direnci değer grafiği
Figure 7. Flexural strength value graph of test samples



Şekil 8. Deney numunelerinin eğilmede elastikiyet modülü değer grafiği
Figure 8. Flexural modulus of elasticity value graph of test samples

Deney numunelerinin dinamik eğilme direnci değerleri Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 9 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama dinamik eğilme direnci değerleri sırasıyla 8,16; 7,37 ve 7,40 kgm/cm² olarak tespit edilmiştir. En yüksek dinamik eğilme direnci değeri kontrol numunelerinde tespit edilmiştir. TAK'ın lif yönü değişikliğinin dinamik eğilme direncini düşürdüğü tespit edilmiştir. Lif yönü değişikliğinin TAK'ın darbe testi sonrası anlamlı bir azalmaya neden olmadığı tespit edilmiştir. Darbe testi sonrası (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol

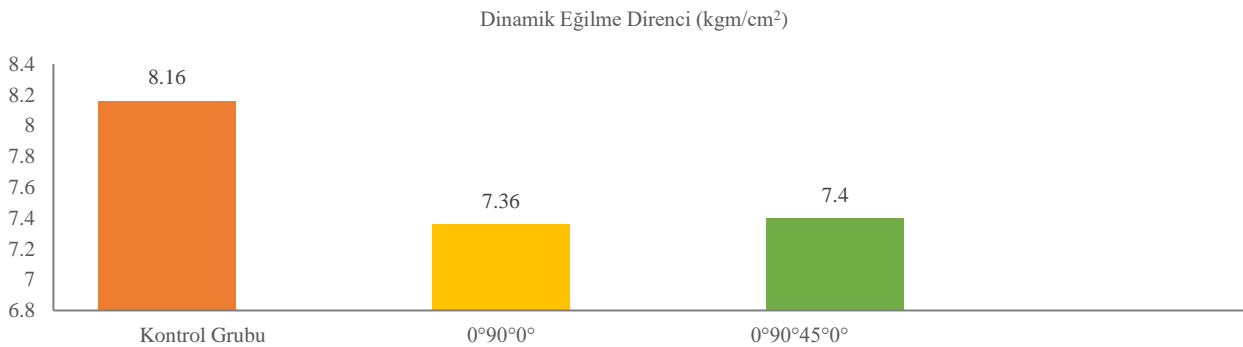
grubu numuneleri ile farklı lif yön açılarıyla üretilen numunelerin arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu bulunmamıştır ($p>0,05$). Literatürde yapılan bir çalışmada kayın odunu ve kayın kaplamamaları ile FF tutkalı kullanılarak üretilen TAK'ın eğilme direnci değerleri, 0,69 kgm/cm² olarak tespit edilirken bu değer kayın odunda 0,91 kgm/cm² olarak belirlenmiştir. TAK dinamik eğilme direncinin yapıldığı malzemeye göre düşük çıkmasının nedeni tutkalın kırılgen-gevrek yapısından kaynaklandığı belirtilmiştir (Çolak vd., 2007).

Deney numunelerin statik sertlik değerleri Şekil 10'da gösterilmiştir. Şekil 10 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama statik sertlik değerleri sırasıyla 72,9, 71,1 ve 62 N/mm² olarak tespit edilmiştir. En yüksek statik sertlik değeri kontrol numunelerinde tespit edilirken en düşük sertlik değeri 0°90°45°0° deney numunelerinden elde edilmiştir. Lif yönü değişikliğinin TAK'ın statik sertliği düşürdüğü tespit edilmiştir. Gruplar arası fark incelendiğinde statik sertlik (Janka) testi (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol grubu numuneleri ile farklı lif yön açılarıyla üretilen numunelerin statik sertlik (Janka) değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu bulunmuştur (p<0,05). Kontrol numunesi ile 0°90°0° numunesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı ancak kontrol numunesi ile 0°90°45°0° numune grupları arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir. Kayın odunun öz ve diri odunun sertlik değerini belirlemek için yapılan bir çalışmada 0,64 ve 0,66 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir (Bal, 2013; Bal, 2014). Elde edilen değerler kayın odunundan elde üretilen TAK üretildiği malzemeye göre sertliğini arttırmıştır. Yapılan bir çalışmada farklı tutkallar ile üretilmiş TAK'ın sertlik değerleri üre formaldehit tutkalında 50 N/mm² melamin üre formaldehit tutkalında 52 N/mm² ve fenol formaldehit tutkalında ise 56 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, pres basıncının fazla uygulandığı yüzeyde statik sertlik miktarı da yüksek ölçülmüştür (Shukla ve Kamdem, 2009).

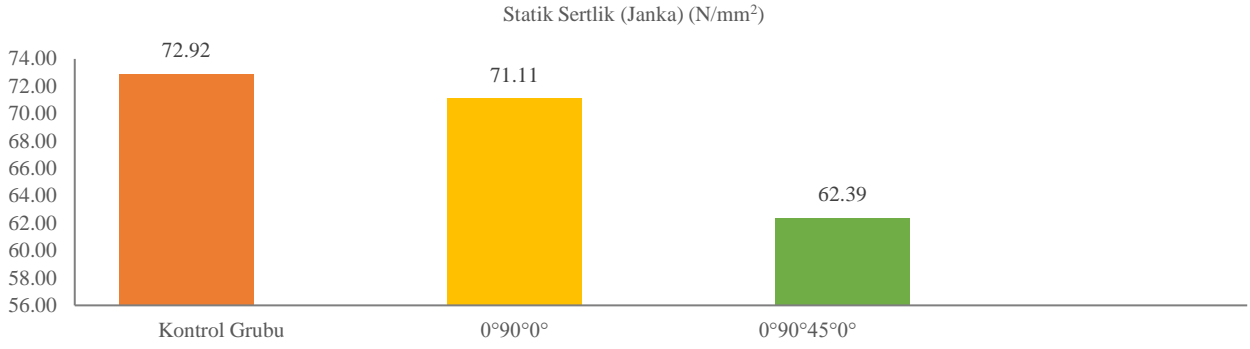
Deney numunelerinin çekme-makaslama direnci değerleri Şekil 11'de gösterilmiştir. Şekil 11 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama çekme-makaslama direnci değerleri sırasıyla 4,34, 2,60 ve 2,97 N/mm² olarak tespit edilmiştir. En yüksek çekme-makaslama direnci değeri kontrol numunelerinde tespit edilirken en düşük çekme-makaslama direnci 0°90°0° deney numunelerinden elde edilmiştir. Gruplar arası fark incelendiğinde çekme makaslama testi sonrası (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol grubu numuneleri ile, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının çekme makaslama direnci değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur (p<0,05). TAK'da lif yönünün konumu birbiriyle örtüşür ve konumu nedeniyle sertlik üzerinde bir etkiye sahiptir. Paralel lif konumları, çapraz konumlara göre

daha yüksek sertlik değerleri vermektedir. Deney numunelerinde lif yönlendirmesine bağlı meydana gelen bu düşüş tabakalardaki kaplamaların farklı yönelimine bağlanabilir. Lif yönleri paralel kaplamalarda kuvvet kaplamasının yönüne dik iken, 0°90°0° deney guruplarında uygulanan kuvvet kaplamasının yönüne paralel olması ile açıklanabilir. Yapılan çalışmada, sarı kavak kaplamaları ve PVAc, MÜF, ÜF ve MF tutkalları kullanılarak üretilen TAK'ın çekme-makaslama direnci değerleri sırasıyla 2,7-2,3- 2,5- 2,8 N/mm² olarak tespit edilmiştir (Shukla ve Kamdem, 2009). Başka bir çalışmada ise kayın kaplama ile üretilmiş TAK'ın çekme-makaslama direnci üre formaldehit tutkalında 7 N/mm² melamin üre formaldehit tutkalında 7 N/mm² ve fenol formaldehit tutkalında ise 7,4 N/mm² olarak tespit edilmiştir (Bal, 2013).

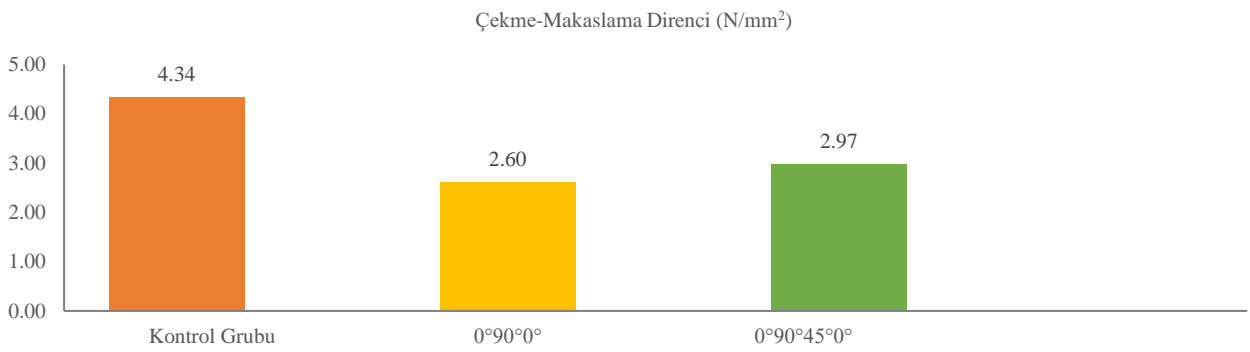
Deney numunelerinin vida tutma kapasitesine ait değerler Şekil 12'de ve vida tutma kapasitesine ait kuvvet-deformasyon grafikleri Şekil 13'te gösterilmiştir. Şekil 12 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama vida tutma kapasitesi değerleri sırasıyla 38,68, 37,05 ve 27,80 N/mm² olarak tespit edilmiştir. En yüksek vida tutma kapasitesi değeri kontrol numunelerinde tespit edilirken en düşük vida tutma kapasitesi 0°90°45°0° deney numunelerinden elde edilmiştir. Lif yönü değişikliğinin TAK'ın vida tutma kapasitesinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Vida tutma kapasitesi üzerine yapılan çalışmalarda bu özelliğin yoğunluğuna, vida çapına, vidaların penetrasyon derinliğine, ağaç türüne, nem içeriğine, spiral damara, yapıştırıcı özelliklerine ve kaplama kalınlığına bağlı olduğunu gözlemlemiştir (Abdul vd., 2010; Alamsyah vd., 2023). Bununla birlikte, bu çalışmada elde edilen sonuçlar, vida tutma kapasitesindeki paralel yönlendirilmiş lif yönüne göre daha düşük değer vermesinin, kaplamasının yönelimine atfedilebilir. Vida tutma kapasitesi testi (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol grubu numuneleri ile farklı lif yön açılarıyla üretilen numunelerin vida tutma kapasitesi değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur (p<0,05). Kontrol numunesi ile 0°90°0° numunesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı ancak kontrol numunesi ile 0°90°45°0° numune grupları arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.



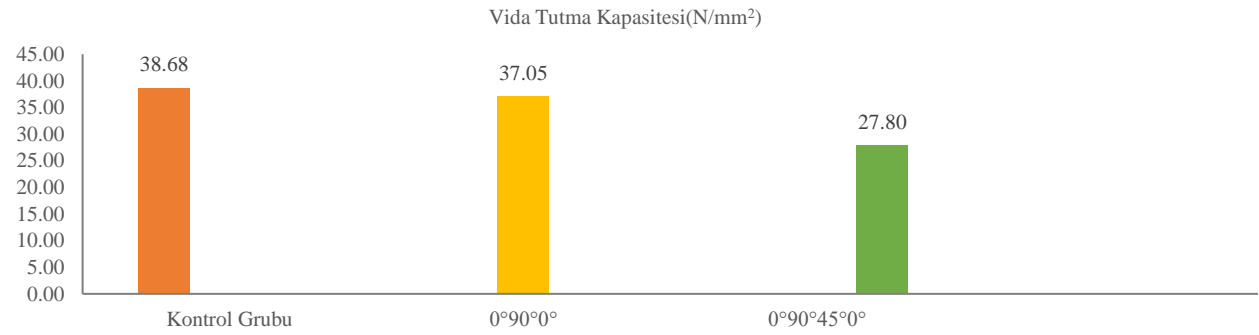
Şekil 9. Deney numunelerin dinamik eğilme direnci değer grafiği
Figure 9. Dynamic flexural strength value graph of test samples



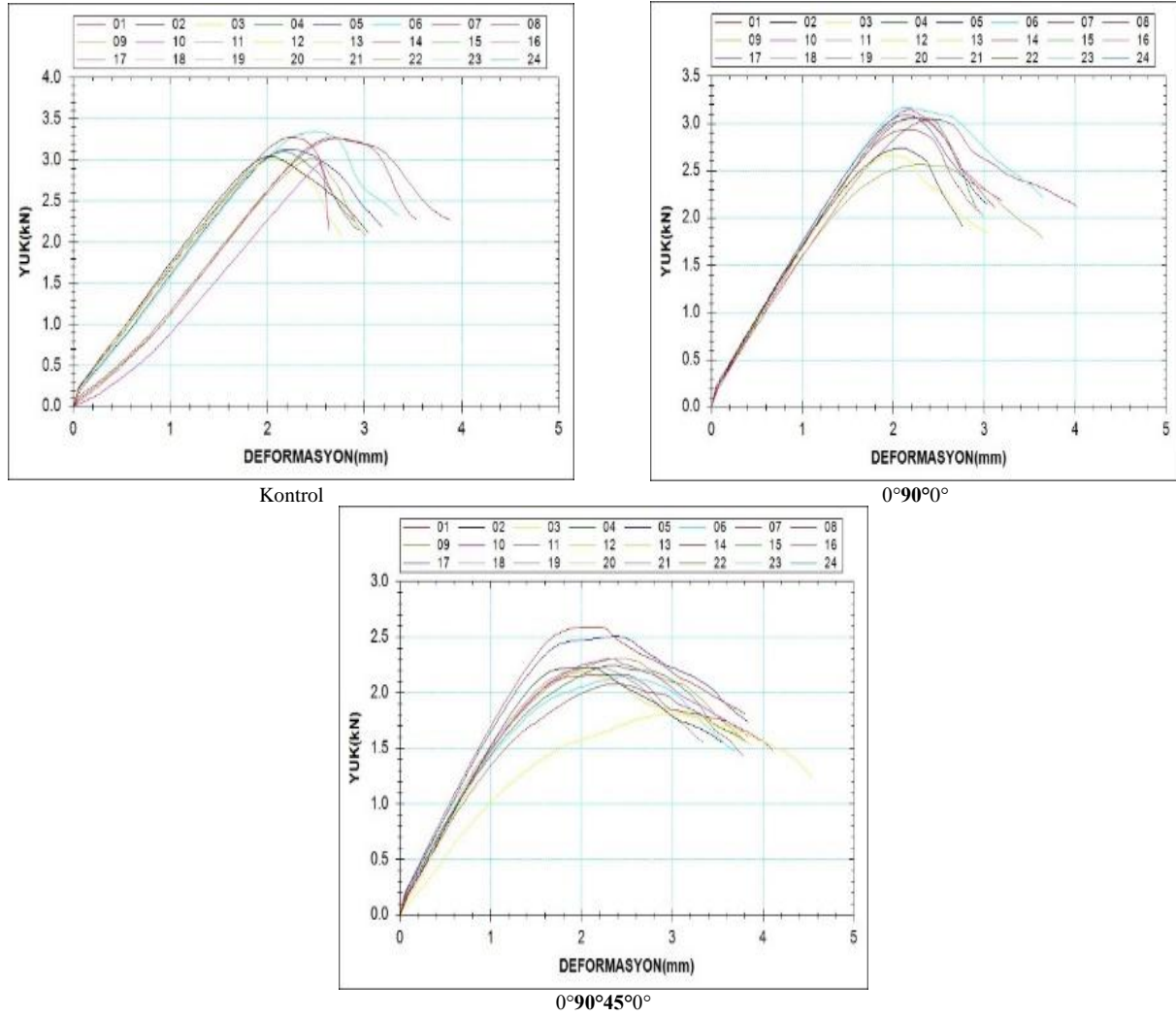
Şekil 10. Deney numunelerinin statik sertlik değeri grafiği
Figure 10. Static hardness value graph of test samples



Şekil 11. Deney numunelerin çekme-makaslama direnci değeri grafiği
Figure 11. Tensile-shear strength value graph of test samples



Şekil 12. Deney numunelerinin vida tutma kapasitesine ait değeri grafiği
Figure 12. Screw holding capacity value graph of test samples



Şekil 13. Vida tutma kapasitesine ait kuvvet-deformasyon grafikleri
Figure 13. Force-deformation graphs for screw holding capacity

4. Sonuç

Bu çalışmada, soyma yöntemi ile elde edilmiş Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) kaplamalar ile üretilmiş ve belirli katmanlarda lif yönü farklı açılarla değiştirilmiş TAK'ın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Deney numunelerinden elde edilen sonuçlara göre;

1. Deney numunelerinin hem hava hem de fırın kurusu yoğunlukları üzerinde lif yönü değişikliğinin hiçbir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir.
2. Deney numunelerinin kalınlıkça artış ve su alma değerleri üzerinde lif yönü değişikliğinin etkili olmadığı suda bekleme süresinin etkili olduğu tespit edilmiştir.
3. Kontrol numunesi değerleri ile karşılaştırıldıklarında $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$ numunelerde %3,8 oranında; $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$ numunelerde ise %32,4 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$ numunelerin değerleri $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$ numunelerle karşılaştırıldığında ise eğilme direncindeki azalma oranı %29,8 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir.
4. Kontrol numunesi değerleri ile karşılaştırıldıklarında $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$ numunelerde %15,42 oranında; $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$

numunelerde ise %26,08 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$ numunelerin değerleri $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$ numunelerle karşılaştırıldığında ise eğilme elastikiyet modülü değerlerindeki azalma oranının %12,59 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir.

5. Kontrol numunesi değerleri ile karşılaştırıldıklarında $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$ numunelerde %9,80 oranında azalma; $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$ numunelerde ise %9,31 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$ numunelerin değerleri $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$ numunelerle karşılaştırıldığında ise dinamik eğilme direnci değerlerinde %0,54 oranında artış gerçekleştiği belirlenmiştir.
6. Kontrol numunesi değerleri ile karşılaştırıldıklarında $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$ numunelerde %2,48 oranında; $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$ numunelerde ise %14,44 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$ numunelerin değerleri $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$ numunelerle karşılaştırıldığında ise statik sertlik değerlerindeki azalma oranının %12,26 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir.
7. Kontrol numunesi değerleri ile karşılaştırıldıklarında $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$ numunelerde %40 oranında; $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$ numunelerde ise %31,52 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$ numunelerin

değerleri 0°90°45°0° numunelerle karşılaştırıldığında ise çekme-makaslama direnci değerlerinde %14,23 oranında artış gerçekleştiği belirlenmiştir.

8. Vida tutma kapasitesi kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında; 0°90°0° numunelerde %4,21 oranında; 0°90°45°0° numunelerde ise %28,13 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü 0°90°0° numunelerin değerleri 0°90°45°0° numunelerle karşılaştırıldığında ise azalma oranının %25 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Açıklama

Bu araştırma İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Fonu tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: 2023-TYL-FEBE-0014). Yazarlar, Prof. Dr. Fatih Mengeloğlu, Prof. Dr. Bekir Cihad Bal ve Büşra Avcı'ya numune test yardımları için müteşekkirdir.

Kaynakça

- Abdul, H. P. S. .2010. Development and material of new hybrid plywood from oil palm biomass. *Mater Design*, 31, 417-424.
- Alamsyah, E. M., Darwis, A., Sutrisno, Y. S., Munawar, S. S., Malik, J., & Sumardi, I. .2023. Modified Grain Orientation of Laminated Veneer Characteristics of Three Fast-Growing Tropical Wood Species. *BioResources*, 18(3).
- ASTM D 1037-06, 2006. Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Bal, B. C. (2011). Okaliptüs (*Eucalyptus grandis*) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri ve lamine ağaç malzeme üretiminde kullanılması üzerine araştırmalar. Doktora tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Bal, B.C., 2013. Okaliptüs, kayın ve kavak soyma kaplamaları ile üretilen tabakalı kaplama kerestelerin (TKK) bazı fiziksel özellikleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14: 25-35.
- Bal, B.C., 2014. Some physical and mechanical properties of reinforced laminated veneer lumber, *Construction and Building Materials*, 68: 120-126.
- Bao, F., Fu, F., Choong, T., Hse, C., 2001. Contribution factor of wood properties of three poplar clones to strength of laminated veneer lumber. *Wood and Fiber Science*, 33(3): 345-352.
- Burdurlu, E., Kılıç, M., İlce, A.C., Uzunkavak, O., 2007. The effects of ply organization and loading direction on bending strength and modulus of elasticity in laminated veneer lumber (LVL) obtained from beech (*Fagus orientalis* L.) and Lombardy poplar (*Populus nigra* L.). *Construction and Building Materials*, 21: 1720-1725.
- Carrick, J., Mathieu, K., 2005. Durability of laminated veneer lumber made from blackbutt (*Eucalyptus pilularis*). international conference on durability of building materials and components; Lyon, France. pp. 55. 01/07/2005.
- Çolak, S., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., 2007. Effects of logs steaming, veneer drying and aging on the mechanical properties of laminated veneer lumber (LVL). *Building and Environment*, 42: 93-98.
- Hassan, J., Eisele, M., 2015. BauBuche-the sustainable high-performance material. *Bautechnik*, 92: 40-45.
- Haygreen, J., Bowyer, J., 1996. *Forest Product and Wood Science: An Introduction*. 3rd Ed., Iowa State University Press, Ames, IA, USA.
- Heräjärvi, Henrik, ve diğerleri. Mühendislik ahşap ürünleri için hammadde olarak küçük çaplı İskoç çamı ve huş ağacı kerestesi. *Uluslararası Orman Mühendisliği Dergisi*, 2004, 15.2: 23-34.
- González, G., Moya, R., Monge, F., Córdoba, R., & Carlos Coto, J. (2004). Evaluating the strength of finger-jointed lumber of *Gmelina arborea* in Costa Rica. *New forests*, 28, 319-323.
- Kamala, B.S., Kumar, P., Rao, R.V., Sharma, S.N., 1999. Performance test of laminated veneers lumber (LVL) from rubber wood for different physical and mechanical properties. *Holz Roh Werkst*, 57: 114-116.
- Kılıç, Y., Burdurlu, E., Elbol, G., Ulupınar, M., 2010. Effect of layer arrangement on expansion, bending strength and modulus of elasticity of solid wood and laminated veneer lumber (LVL) produced from pine and poplar. *Gazi University Journal of Science*, 23(1): 89-96.
- Kurt, R., Mengeloğlu, F., Bektaş, İ., 2003. Beşinci ulusal deprem mühendisliği konferansı, 26-30 Mayıs 2003, Sayfa No: AE-0121 pp:6.
- Kurt, R., 2010. Suitability of three hybrid poplar clones for laminated veneer lumber manufacturing using melamine urea formaldehyde adhesive. *Bioresources*, 5(3): 1868-1878.
- Kurt, R., Cil, M., 2012. Effects of press pressures on glue line thickness and properties of laminated veneer lumber glued with phenol formaldehyde adhesive. *BioResources*, 7: 5346-5354.
- Kurt, R., Çil, M., Aslan, K., Çavuş, V., 2011. Effect of pressure duration on physical, mechanical, and combustibility characteristics of laminated veneer lumber (LVL) made with hybrid poplar clones. *Bioresources*, 6(4): 4886-4894.
- Malkoçoğlu, A., (1994). Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) odununun teknolojik özellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Lam, F., 2001. Modern structural wood products. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 3: 238-245.
- Mengeloğlu, F., Kurt, R., 2004. Mühendislik ürünü ağaç malzemeler tabakalanmış kaplama kereste (TAK) ve tabakalanmış ağaç malzeme (TAM). *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1): 39-44.
- Nelson, S. (1997). Structural composite lumber. *Engineered wood products: A guide for specifiers, designers, and users*, 174-152
- Ozarska, B., 1999. A review of the utilization of hardwoods for LVL. *Wood Science and Technology*, 33(4): .341-351. DOI: 10.1007/s002260050120
- Özen, R. (1981). *Çeşitli faktörlerin kontrplağın fiziksel ve mekanik özelliklerine yaptığı etkilere ilişkin araştırmalar*. KTÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Fakülte yayın No: 120.
- Prakash, V., Uday, D. N., Sujatha, D., & Kiran, M. C. (2019). Laminated Veneer Lumber (LVL) from Fast Growing Plantation Timber Species Meliادubia. *International Journal of Science and Research*, 8(4), 1721-1723.
- Sasaki, H., Wan, Q., Kawai, S., 1993. Laminated veneer lumber and composite beams produced from tropical hardwood thinning, *Current Japanese Materials Resources*, 11: 55-66.
- Shukla, S., Kamdem, D.P., 2008. Properties of laminated veneer lumber (LVL) made with low density hardwood species: Effect of the pressure duration. *European Journal of Wood and Wood Products*, 66(2): 119-127.
- Shukla, S. R., & Kamdem, D. P. (2009). Properties of laboratory made yellow poplar (*Liriodendron tulipifera*) laminated veneer lumber: effect of the adhesives. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 4(67), 397-405.
- Sulaiman, O., Salim, N., Hashim, R., 2009. Evaluation on the suitability of some adhesives for laminated veneer lumber from oil palm trunks. *Materials and Design*, 30: 3572-3580.
- Tenorio, C., Moya, R., Muñoz, F., 2011. Comparative study on physical and mechanical properties of laminated veneer lumber and plywood panels made of wood from fast-growing *Gmelina arborea* trees. *Journal of Wood Science*, 57(2): 134-139.
- TS ISO 13061-1, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri”- Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi. TSE, Ankara

- TS ISO 13061-2, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri- Bölüm 2: Fiziksel ve mekanik deneyler için yoğunluğun belirlenmesi. TSE, Ankara
- TS ISO 13061-3, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri- Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri- Bölüm 3: Statik eğilmede nihai mukavemet tayini. TSE, Ankara
- TS ISO 13061-4, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri- Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri- Bölüm 4: Statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini, TSE, Ankara
- TS ISO 13061-10, 2021. Odunun çarpmada eğilme dayanımının tayini, TSE, Ankara
- TS-EN 13446, 2005. Ahşap esaslı levhalar- Bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini. TSE, Ankara
- TS ISO 13061-12, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri- Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri- Bölüm 12: Statik sertliğin tayini. TSE Ankara
- TS 3969 EN 314-1,1998 Kontrplak kaplanmış-Yapışma kalitesi bölüm 1: Deney metotları. TSE.,Ankara
- TS 1002, 1979 Soyma kaplamalık kayın tomruğu TSE Ankara
- Ünsal, Ö., 1998. Buharlanmış ve buharlanmamış kayın (*Fagus orientalis* L.) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul.
- Wang B. J., Dai, C., 2005. Hot-pressing stress graded aspen veneer for laminated veneer lumber (LVL). *Holzforschung*, 59: 10–17.
- Wong, E. D., Razali, A. K., Shuichi, K., 1996. Properties of rubber wood LVL reinforced with Acacia veneers. *Wood research: bulletin of the Wood Research Institute Kyoto University*, 83: 8-16.