



Kavak kaplamadan üretilen tabakalı kaplama kerestenin mekanik özellikleri üzerine rutubet içeriğinin etkisinin değerlendirilmesi

Bilgehan Asena Şenay İlker¹ , Bekir Cihad Bal^{2*} 

ÖZ: Özellikle son yıllarda meydana gelen depremlerden sonra, ahşap yapılara karşı ilgi artmıştır. Ancak, ahşap yapılarda yük taşıyan ahşap esaslı elemanların çürümeye, yangına ve rutubete karşı dayanımı bu ilgiyi etkilemektedir. Bu çalışmada, kavak ağacından elde edilen soyma kaplama ile tabakalı kaplama kereste (TKK) üretilmiş ve malzemenin bazı mekanik özellikleri farklı rutubet içeriklerinde incelenmiştir. TKK üretiminde Fenol Formaldehit (FF) tutkalı kullanılmıştır. Üretilen malzeme 5 farklı rutubet içeriğine şartlandırılmıştır, ardından çeşitli mekanik testlere tabi tutulmuştur. Bu amaç için, üretilen malzemenin bazı fiziksel özellikleri (tam kuru yoğunluk ve rutubet yüzdesi) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, eğilmede deformasyon, sertlik, vida tutma kapasitesi, çekme-makaslama direnci) belirlenmiştir. Yapılan testler sonunda elde edilen bulgulara göre; TKK'nın rutubet içeriği arttıkça, eğilme direnci, elastikiyet modülü, sertlik değeri ve vida tutma kapasitesi azalmış, buna karşı, eğilmede deformasyon değeri artış göstermiştir. Çekme-makaslama direnci testi ile rutubet içeriği arasında doğrusal bir ilişki tespit edilememiştir.

Anahtar kelimeler: Ahşap Malzeme, TKK, Kavak kaplama, Rutubet, Mekanik özellikler

Evaluation of the effect of moisture content on the mechanical properties of laminated veneer lumber produced from poplar veneer

ABSTRACT: In recent years, particularly following major earthquakes, interest in wooden structures has increased. However, the performance of the load-bearing wood-based elements in wooden structures against decay, fire, and moisture affects this interest. In this study, laminated veneer lumber (LVL) was produced with rotary cut veneer obtained from poplar wood, and some mechanical properties of the material were examined at different moisture contents. Phenol Formaldehyde (FF) glue was used in the production of LVL. The produced material was conditioned to 5 different moisture contents and then subjected to various mechanical tests. For this purpose, some physical properties (oven-dried density and moisture percentage) and mechanical properties (bending strength, modulus of elasticity in bending, deformation in bending, hardness, screw holding capacity, tensile-shear resistance) of the produced material were determined. The test results showed that; as the moisture content of the LVL increased, the bending strength, elastic modulus, hardness value and screw holding capacity decreased, whereas the deformation value in bending increased. No linear relationship was found between the tensile-shear strength test and moisture content.

Keywords: Wood Material, LVL, Poplar veneer, Moisture content, Mechanical properties

Makale tarihçesi: Geliş:11.05.2025, Düzeltme: 22.06.2025, Kabul:22.06.2025, Yayınlanma:24.06.2025* bcbal@hotmail.com.

¹Bilgehan Asena Şenay İlker, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş/Türkiye,

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye.

Atıf: İlker, B.A.Ş., ve Bal, B.C., (2025). Kavak kaplamadan üretilen tabakalı kaplama kerestenin mekanik özellikleri üzerine rutubet içeriğinin etkisinin değerlendirilmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 8 (1), 100-112, DOI: [10.33725/mamad.1697367](https://doi.org/10.33725/mamad.1697367)

1 Giriş

Ahşap, tarih boyunca inşaat ve mühendislik alanlarında önemli bir malzeme olmuştur ve modern çağda da sürdürülebilirlik anlayışının artmasıyla bu özelliğini sürdürmektedir. Doğal bir malzeme olarak ahşap, çevre dostu, yenilenebilir, kolay işlenebilen, estetik bir görünüme sahip olan olması, yüksek direnç-yoğunluk oranına sahip olması ve biyolojik olarak doğada kolay bozunabilir özelliklere sahip olup, bu özellikleri sayesinde inşaat sektöründe büyük bir ilgi görmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997; Bal, 2016a). Ancak, doğal ahşabın, bir yapı malzemesi olarak kullanılmasında, bazı istenmeyen özellikleri de bulunmaktadır. Kolay çürümesi, doğal olarak ölçülerinin sınırlı olması, kendinden kaynaklanan büyüme kusurları barındırması, budak olan bölgelerinde mekanik dayanımının düşük olması, higroskopik bir malzeme olması nedeniyle bulunduğu ortama göre rutubet alması veya vermesi, rutubet içeriğindeki değişimlerin hacmen ölçüsünü ve ayrıca mekanik performansını değiştirmesi gibi istenmeyen özellikleri de bulunmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997; Örs ve Keskin, 2001).

Masif ahşap malzemenin istenmeyen özelliklerinin bertaraf edilebilmesi için çeşitli yöntemler ile masif ağaç malzemedan, yonga levha, lif levha, kontrplak, tutkallanmış tabakalı kereste, çapraz tabakalı kereste, tabakalı kaplama kereste (TKK), yönlendirilmiş şerit kereste ve lamine şerit kereste gibi mühendislik ürünü ağaç malzemeler geliştirilmiştir. Bu son üç malzeme, aynı zamanda yapısal kompozit keresteler grubunun üyeleri olarak sınıflandırılmaktadır (Nelson, 1997; Güler, 2001; Berlun ve Rowell, 2005; Stark ve Cai, 2021). Yapısal kompozit keresteler, masif ağaç malzemeye göre; daha büyük ölçülerde üretilebilmesi, kusurlarından arındırılmış olması, çürümeye karşı daha dayanıklı olması, büyüme gerilmesi taşınamaması gibi, masif ahşaba göre üstün mekanik özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir (Bal, 2021). Yapısal kompozit kerestelerin en önemli üyesi TKK'dır. TKK, yumuşak ağaç türlerinden ve düşük-orta yoğunluklu ($290-690 \text{ kg/m}^3$) ağaç türlerinden üretilmektedir (Bal, 2016b; Ozarska, 1999).

TKK malzemenin mekanik özellikleri üzerine birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Farklı ağaç türlerinden üretilen TKK malzemenin eğilme özellikleri ile yapışma performansı üzerine (Carvalho ve ark., 2004; Aydın ve ark., 2004; Saviana ve ark., 2009; Kılıç 2011; Bal ve Bektaş, 2012a; Bal, 2016a), dinamik eğilme direnci üzerine araştırmalar yapılmıştır (Janowiak and Bukowski, 2000; Bao ve ark., 2001; Çolak ve ark., 2007; Bal, 2016b). Ayrıca, TKK malzemenin mekanik özellikleri üzerine güçlendirme (Perçin ve Uzun, 2023; Atar ve Mengeloğlu, 2024) ve ısıl işlemin etkileri de araştırılmıştır (Perçin ve Uzun, 2023; Perçin ve Ülker, 2023; Çiğdem ve Perçin, 2023; Perçin, 2023).

TKK üretiminde kullanılan soyma kaplama levhaları doğal özellikleri levha üretim süreçlerinde fazla değiştirilmediği için elde edilen TKK malzeme masif ağaç malzemeye yakın özellikler sergiler. Masif ağaç malzemenin; teğet, radyal ve enine yüzeylerinde ve bu yönlerdeki özellikleri yüzeye göre nasıl değişiyorsa, bu üç temel yönde TKK malzemenin özellikleri de değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, TKK malzeme üzerinde yapılan bilimsel çalışmalarda TKK malzemenin kuvvet uygulanan yüzeye göre özellikleri araştırılmıştır (Carvalho ve ark., 2004; Bal, 2012a,b; Kılıç, 2011; Kurt ve Çil, 2012). Bazı çalışmalarda ise, TKK malzemenin sıcak preste üretilmesi esnasında pres parametrelerin üretilen malzemenin fiziksel ve mekanik bazı özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır (Shukla ve Kamdem, 2008; Kurt ve ark., 2011). Diğer bazı çalışmalarda ise, TKK malzemenin üretiminde kullanılan tutkalın, üretilen malzemenin; fiziksel, mekanik veya diğer teknolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır (Shukla ve Kamdem, 2009; Bal ve Bektaş, 2012a,b; Atar ve Mengeloğlu, 2024).

TKK malzeme üzerine yapılan önceki çalışmalarda, birçok farklı faktörün, TKK malzemenin yanma özellikleri, fiziksel özellikleri ve mekanik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Ancak, yazarların ulaşabildiği kadarıyla, kavak soyma kaplamaları ve fenol formaldehit tutkalı ile üretilen TKK malzemenin mekanik özellikleri üzerine rutubet içeriğinin etkisi araştırılmamıştır. Bu noktadan hareketle, bu çalışmanın amacı; rutubet içeriğinin TKK malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılmasıdır.

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

2.1.1 Soyma kaplamalar

Bu çalışmada, kavak (*Populus sps.*) tomruklarından soyma yöntemi ile elde edilen 2.7 mm kalınlıktaki soyma kaplamalar kullanılmıştır. Çalışmada kavak soyma kaplamaların kullanılma sebepleri; buharlama yapılmadan soyma yapılabilmesi, maliyetinin diğer ağaç türlerine göre düşük olması ve kontrplak sektöründe fazla kullanılan ağaç türlerinden olmasıdır.

Soyma kaplamalar, özel bir kontrplak fabrikasından satın alma yolu ile temin edilmiştir. Temin edilen soyma kaplamalar öncelikle çalışma ortamına nakledilmiş ve sonra 30 x 30 cm (genişlik x uzunluk) ölçülerinde ebatlanmıştır. Bu haliyle TKK levha üretimine hazır hale getirilmiştir. Sonra oda şartlarında kondisyonlanmıştır. Kaplamaların kusurlu, çürük, budaklı olanları TKK üretiminde kullanılmamıştır. TKK üretiminde kullanılmadan önce gevşek yüz-sıkı yüz işaretlemesi yapılmıştır. TKK levhaları üretilirken tutkal gevşek yüzeye sürülmüştür.

2.1.2 Tutkal

Bu çalışmada, tutkal olarak fenol formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Suya ve çözücülere karşı son derece dayanıklı (D4 grubu) olması, iyi yapışma direnci göstermesi, kolay uygulanabilmesi, düşük viskozite göstermesi ve endüstriyel olarak üretilen TKK levhaların üretiminde bu tutkal kullanılması nedeniyle, çalışmada bu tutkal tercih edilmiştir. Tutkal, özel bir tutkal üreticisi firmadan temin edilmiştir. Tutkal içerisine hiçbir dolgu veya katkı maddesi katılmamıştır. Tutkal seyreltilmeden kullanılmıştır. Tutkal bekletilmeden ve taze halde kullanılmıştır. Tutkal içerisine kürlenmeyi hızlandırmak için hiçbir madde eklenmemiştir.

2.1.3 Levhaların üretilmesi

Kaplama levhaları, öncelikle 30 x 30 cm (genişlik x uzunluk) ölçülerinde ebatlanmıştır. Daha sonra, her bir kaplama levhasının gevşek yüzeyi belirlenmiş ve işaretlenmiştir. Her bir TKK levhasının üretilmesinde 8 kaplama levhası kullanılmıştır. Bu 8 kaplamasının ilk dört tanesi gevşek yüzeyleri levhanın orta tabakasına doğru diğer 4 levha ise test yönünde ve yine gevşek yüzeyleri levhanın ortasına doğru, tutkalandıktan sonra, yerleştirilmiştir. Bu şekilde yaparak, elde edilen levhaların tam olarak simetrik olması amaçlanmıştır. Ayrıca, levhanın alt ve üst yüzeylerindeki kaplamaların sıkı yüzeyleri dış tarafa bakacak şekilde yerleşim sağlanmıştır.

Kaplama levhalarına tutkal bir fırça ile sürülmüştür. Tutkal ortalama olarak 180 ± 10 g/m² olarak uygulanmıştır. Tutkal kaplama levhalarının gevşek yüzeylerine sürülmüştür. Kaplamalar tutkalandıktan sonra levha taslağı 2 adet pres sacı arasına bırakılıp sıcak prese yerleştirilmiştir. Sıcak preste levha toplam 20 dakika süre ile 180 °C sıcaklıkta (pres plaka sıcaklığı) preslenmiştir. Preste toplam 5 ton (5.5 kg/cm²) basınç uygulanmıştır. Pres süresi sonunda levha prestenden çıkarılmış ve üst üste bırakılıp 1 hafta süre ile bekletilmiştir (Şekil 1-a). Denemelerde toplam 16 levha üretilmiştir.

2.1.4 Test örneklerinin hazırlanması

Levhalar üretildikten sonra, her bir levhanın kenar kısımları öncelikle temizlenmiş ve daire testerede kesilerek net ölçülere getirilmiştir. Daha sonra, her bir levhadan, her bir test için 1 adet test örneği kesilmiştir. Böylece, her bir deney grubu için 16 adet, 5 deney grubu için toplam 80 adet test örneği kesilmiştir (Şekil 1-b).



Şekil 1. Üretilen levhaların presleme sonrası görüntüsü (a), test örneklerinin hazırlanması (b)

Her test örneği üzerine test grubu ve örnek numarası yazılmıştır. Daha sonra, test örneklerinin tamamı etüvde kurutulmuş ve tam kuru ağırlıkları kaydedilmiştir. Böylece, deney gruplarının %0, %10, %20, %40 ve %130 şeklinde 5 farklı rutubetteki ağırlıklarının ne olacağı hesaplanma ile belirlenmiştir. Çalışmada deneme grupları ve rutubet içerikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme grupları, rutubet yüzdeleri ve tahmini rutubet sapmaları

Grup No	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
Rutubet yüzdesi	%0±1	%10±1	%20±2	%40±5	%130±10

2.1.5 Test örneklerinin rutubetlerinin ayarlanması

Çalışmada, TTK test örneklerinin farklı rutubet seviyelerinde, mekanik özelliklerinde meydana gelen değişmelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için 5 farklı rutubet seviyesinde deney grupları oluşturulmuştur. Deney gruplarından grup 1 (%0) test örnekleri, etüvde kurutularak tam kuru (%0) rutubet haline getirilmiştir. Grup 2 (%10) test örnekleri ise, oda şartlarında bekletilerek kondisyonlanmış ve %10±1 rutubet seviyesine getirilmiştir. Grup 3 (%20±2) test örnekleri ise, test örnekleri üzerine su spreyi sıkılmış ve tahmini ağırlığa geldiklerinde, bu ağırlık ile plastik poşet içerisine bırakılmış, bu halde 1 hafta bekletilmiş ve yüzeydeki rutubetin test örnekleri iç kısımlarına difüzyon yoluyla dağılması sağlanmaya çalışılmıştır. Grup 4 (%40±5) test örnekleri ise, su dolu bir kap içerisine batırılmış ve çıkarılınca ağırlığı tartılmıştır. Hedeflenen ağırlığa geldiğinde, bir poşet içerisine bırakılmış, bu halde 1 hafta bekletilmiş ve bünyesine aldığı suyun iç kısımlara difüzyon yoluyla dağılması sağlanmaya çalışılmıştır. Grup 5 (%130±10) test örnekleri ise, su dolu bir kap içerisine batırılmış ve yaklaşık 1 hafta süre ile su içerisinde batık vaziyette bekletilmiştir. Sonra sudan çıkarılan test örneklerinin ağırlığı ölçülmüş ve bu süre sonunda ki rutubetleri hesaplanmıştır. Bu hesaplanan rutubet yüzdeleri ise ilgili çizelgelerde verilmiştir.

2.2 Metot

TKK test örneklerinin yoğunluk testi TS EN 323 (1999) numaralı standartta belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Testler için, 20x50x50 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk) ölçülerine sahip, her grup için 16 adet ve toplamda 80 adet numune hazırlanmıştır. Bu hazırlanan numunelerin en, boy ve yükseklikleri $\pm 0,01$ mm duyarlılıkta dijital kumpas yardımı ile ölçüldükten sonra hava kurusu ağırlıkları 0,01 gr duyarlılıklı hassas terazi yardımı ile belirlenmiştir. Yoğunluk tayini, hassas terazide ölçülen ağırlığın, kumpasla ölçülen hacme bölünmesi ile hesaplanmıştır.

TKK test örneklerinin rutubet tayini TS EN 322 (1999) standardında belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Rutubet tayini eğilme direnci test örnekleri üzerinde yapılmıştır. İlk olarak test örnekleri, etüvde 105 °C’de değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuş ve hassas terazi ile tartılmıştır. Sonra test örnekleri rutubetli hale getirilmiş ve rutubetli ağırlıkları 0,01 gr duyarlı hassas terazide tartılmıştır. Rutubet yüzdesi, test örneğinin rutubetli haldeki ağırlığı ile tam kuru haldeki ağırlığı arasındaki farkın, tam kuru ağırlığa bölünmesi ile belirlenmiştir. Rutubet içeriği yüzde olarak gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında üretilen TKK’lardan eğilme testi test örnekleri hazırlanmıştır. TKK test örnekleri TS EN 310 standardına uygun olarak 3 nokta eğilme direnci testine tabi tutulmuştur. Her grup için 16 adet test örneği 20x20x300 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Eğilme direnci için test hızı 5 mm/dk, ön yük 10 N, mesnet arası mesafe 240 mm olarak ayarlanmıştır. Elastikiyet modülü, elastik bölgede, maksimum yükün %10 ile %40’ın karşılık gelen sehim noktalarına göre hesaplanmıştır.

Tabakalı kaplama kereste test örnekleri üzerinde vida tutma kapasitesi testi yapılmıştır. Bu test için TS EN 13446 standardına uygun olarak anma ölçüsü 20x50x50 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk) ebatlarında, her grup için 16 adet ve toplamda ise 80 adet test örneği hazırlanmıştır. Vida tutma deneyi için vidanın batma miktarı ve açısı çok önemlidir. Numuneler hazırlanırken vidaların aynı miktarda takılmasına ve 90° açı olmasına özen gösterilmiştir. Kullanılan vida çapı 4 mm olup batma miktarı 20 mm’dir. Test hızı 5 mm/dk ve ön yük 20 N olarak belirlenmiştir.

Tabakalı kaplama kerestenin çekme-makaslama direncinin belirlenmesinde TS 3969 EN 314-1 (1998) ve TS 3969 EN 314-2 (1999) numaralı standartlarda belirtilen esaslara uyulmuştur. Bu standartlara göre deney parçalarının hazırlanması, deneyin yapılışı, hesaplama ve sonuçların gösterilmesi sırasıyla ve kısaca şu şekildedir; her bir deney parçası, yüzeydeki tabakanın elyafı yönünde kesilmiş ve ölçüleri; biçme uzunluğu L1: 25 $\pm$ 5 mm, Biçme eni b1: 25 $\pm$ 5 mm, Testere kesliğinin eni b2: 2,5 - 4 mm kelepçelerin uzaklığı L2: 50 mm olarak ayarlanmıştır. Deney örnekleri, ait oldukları grupların nem içeriğine ulaştıktan sonra test edilmiştir. Çekme-makaslama direnci testi sonrasında, test örneklerinin kopma yüzeylerinde odun kırılması ve tutkal kırılması incelenmiştir.

Test örneklerinin sertlik değeri TS 2479 numaralı (1976) standarda göre belirlenmiştir. Bu standarda göre; test örneği, kenarları 20x50x50 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Denemeler sadece teğet yüzeyde (üst yüzey) yapılmıştır. 5 mm/dk hızla hareket eden yükleme ucu ile deney parçasının teğet kesit yüzeylerinin merkez eksenleri üzerinde yarım küre ucun yarıçapına (5.64 mm) eşit olan derinlikte bir oyuk açılmıştır. Bu derinliğe ulaşıldığı andaki yük kaydedilmiştir. Her bir deney parçasının statik sertliği, deneyin yapıldığı rutubet miktarında, alanı 100 mm²’ye eşit olan ve 5.64 mm derinlikte bir iz elde edebilmek için, gerekli yük miktarı N türünden elde edilen maksimum kuvvetin 100 mm² alana bölünmesi ile hesaplanmıştır. Test sonucu N/mm² olarak gösterilmiştir.

3 Bulgular ve Tartışma

Denemelerde kullanılan fiziksel test örneklerinin tam kuru yoğunlukları hesaplanmış ve Tablo 2’de verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde, gruplara ait test örneklerinin ortalama tam kuru yoğunluk değerlerinin 401 ile 411 kg/m³ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Grupların tam kuru yoğunluk değerleri arasında, çok büyük farklılıklar yoktur. Bu durum, grupların homojen gruplar olduğunun bir göstergesidir. Yapılan bu çalışmada, tabakalı kaplama kereste malzemenin, mekanik özellikleri üzerine rutubetin etkisi araştırılmıştır. Yoğunluğun etkisi, bu çalışma kapsamı dışındadır. Bu nedenle, gruplar arasında yoğunluk farklılığının olmaması çalışmadan elde edilen diğer verilerin güvenilirliği bakımından da önem arz etmektedir. Grupların tam kuru yoğunluk değerleri arasında istatistiksel olarak bir farklılığın olup olmadığı yapılan ANOVA testi ile belirlenmiştir. Gruplar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz (NS) olduğu ve önem seviyesi değerinin (P) 0.05’den büyük olduğu (P> 0.05) belirlenmiştir. Aslında, Tablo 2’deki verilere göre; gruplar arasında küçük farklılıklar vardır, ancak, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemsizdir. Yapılan önceki çalışmalarda, TKK’nın yoğunluğunun, mekanik özelliklerini etkilediği, yoğunluğu yüksek olan TKK malzemeden daha yüksek mekanik özellikler elde edildiği bildirilmiştir (Bal, 2016a; Bal ve Bektaş, 2012a,b).

Tablo 2. Test gruplarının ortalama tam kuru yoğunluk değerleri (İlker 2025)

İstatistik değerler	Gruplar				
	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
$\bar{x}$	410.8	401.7	409.0	404.0	411.4
ss	30.9	28.9	30.4	29.8	18.1

Laboratuvar çalışmaları esnasında, her mekanik özellik için her gruba ait test örneklerinin rutubetleri, mekanik testler yapıldıktan sonra test örneğinin rutubet yüzdesi hesaplanmıştır. Elde edilen veriler Tablo 3’te verilmiştir. Tabloda verilen rutubet yüzdeleri incelendiğinde, çalışma planlanırken hedeflenen rutubet yüzdelere genel olarak ulaşıldığı görülebilir. Bu çalışmada, 5 farklı rutubet içeriğinin tabakalı kaplama kerestenin mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması planlanmıştır. Çalışmada grup 1 (%0) rutubet içeriğine pratikte ulaşmak elbette zordur. Uzun süre kurutulsa dahi ahşap malzemede %0 rutubete ulaşılması çok zordur. Ancak, bu çalışmada %1’in altındaki rutubet içeriğinde, tabakalı kaplama kerestenin mekanik özellikleri ile diğer gruplar arasındaki farkı görebilmek amacıyla grup 1 deneme grupları içerisine dahil edilmiştir.

Tablo 3. Test örneklerinin rutubet yüzdeleri (İlker, 2025)

		Gruplar (%)				
Mekanik özellikler	İstatistik değerler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
Eğilme direnci test örnekleri	$\bar{x}$	0.22	11.59	20.64	40.11	129.32
	ss	0.06	0.95	1.72	3.64	10.86
Vida tutma direnci test örnekleri	$\bar{x}$	0.42	11.95	20.54	40.05	138.44
	ss	0.14	0.63	2.3	4.13	12.924
Janka sertlik test örnekleri	$\bar{x}$	0.37	11.78	21.14	38.42	134.88
	ss	0.1	0.54	3.07	6.28	10.19
Yapışma direnci test örnekleri	$\bar{x}$	0.42	10.88	21.68	38.52	135.2
	ss	0.06	0.44	1.77	3.61	7.7

$\bar{x}$: aritmetik ortalama, ss: standart sapma

TKK test örneklerinin eğilme testleri yapılmış ve elde edilen eğilme direnci testi bulguları Tablo 4'te verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde, test örneklerinin eğilme direnci değerleri 31.5 ile 68.8 N/mm² aralığında ölçüldüğü görülebilir. En büyük eğilme direnci değeri grup 1'de ve en küçük eğilme direnci ise grup 5'te ölçülmüştür. Test örneğinin rutubet içeriği arttıkça eğilme direnci değeri de azalmıştır. Tabakalı kaplama kereste, masif ağaç malzeme ve ahşap esaslı diğer malzemelerde de rutubet içeriği eğilme direncini etkilemektedir. Bu konuda önceki çalışmalarda benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Bozkurt Erdin, 1997; Örs ve Keskin, 2001). Masif ağaç malzemenin, eğilme direncinin belirlenmesinde kullanılan TS 2474 (1976)'de standardında da rutubetin eğilme direnci üzerine etkisi belirtilmiş ve masif ağaç malzemenin rutubetinin %9 ile %15 aralığın da bulunması halinde, rutubetteki her bir %1'lik artışın, masif ağaç malzemenin eğilme direncinde %4'lük azalmaya sebep olacağı bildirilmiştir. Grupların birbirlerinden istatistiksel olarak önemli derecede ($P<0.001$) farklı olduğu, yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre belirlenmiştir.

Tablo 4. Eğilme direnci testine ait bulgular (N/mm²) ve Duncan testi sonuçları (İlker 2025)

Eğilme direnci	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
$\bar{x}$	68.78 A	60.31 B	57.18 B	48.43 C	31.58 D
ss	10.04	8.69	6.60	5.91	3.21

Tabakalı kaplama kerestenin eğilme testi esnasında elde edilen verilerle, her bir test örneğinin yük-deformasyon eğrisinde, maksimum kuvvetin %10 ve %40 noktalarında ölçülen yük-sehim miktarları ile elastikiyet modülü belirlenmiştir. Elde edilen veriler Tablo 5'de verilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, grupların elastikiyet modülü değerlerinin 2326 ile 6044 N/mm² aralığında sıralandığı görülebilir. Ayrıca, yapılan Duncan testi sonucuna göre; gruplar arasından fark vardır. Denemeler sonunda elde edilen veriler ile gruplar arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için tek faktörlü ANOVA testi yapılmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde önemli ($P<0.001$) farklılık olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. Elastikiyet modülü testine ait bulgular (N/mm²) ve Duncan testi sonuçları (İlker 2025)

Elastikiyet modülü	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
$\bar{x}$	6044 A	3084 B	2741 C	2486 D	2326 D
ss	720	476	450	322	248

Tabakalı kaplama kerestenin eğilme testi esnasında elde edilen verilerle, eğilmede deformasyon miktarları da belirlenmiştir. Bu bulgular Tablo 6'da verilmiştir. Bu bulgular incelendiğinde, en küçük deformasyon değerinin grup 1'de ve en büyük deformasyon değerinin ise grup 5'de ölçüldüğü görülebilir. Gruplar arasındaki farklar, Duncan testi sonuçlarına göre önemlidir. Bu testten elde edilen bulgular diğer mekanik özelliklere göre genel eğilim olarak aksi yönde gerçekleşmiştir. Diğer mekanik özellikler, grupların rutubet içeriği arttıkça azalma göstermiş ancak eğilmede deformasyon değeri ise artış göstermiştir. Aslında bu durum, test örneğinin rutubet içeriği arttıkça, eğilme kuvvetine karşı malzemenin kırılmadan tek parça olarak kalabilme kabiliyetini göstermektedir. Aşağıda verilen grafiklere göre; yük-deformasyon grafiği altında kalan alan ne kadar büyükse malzeme o kadar sünek bir malzemedir. Bu bilgiye göre grup 5 test örnekleri diğer gruplara daha sünektir. Eğilmede deformasyon miktarına ait bulgular arasında fark olup-olmadığını gösteren ANOVA testine göre, gruplar arasında istatistiksel olarak çok ileri düzeyde ($P<0.001$) fark olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6. Eğilmede deformasyon (mm) değerine ait bulgular ve Duncan testi (İlker 2025)

Eğilmede Deformasyon	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
$\bar{x}$	6.2 E	11.8 D	13.9 C	16.5 B	22.3 A
ss	0.7	1.6	1.6	2.8	4.1

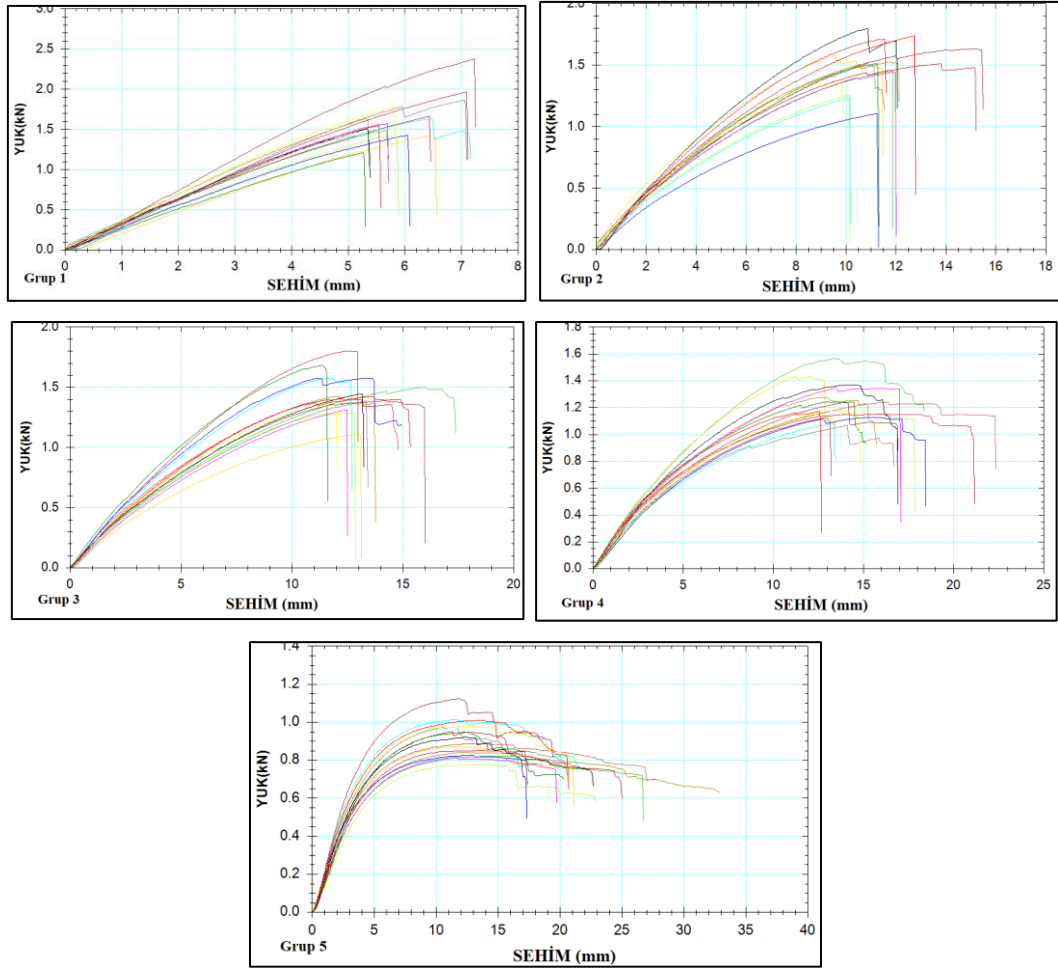
Eğilme direnci testleri esnasında elde edilen yük-sehim verileri ile yük-sehim grafikleri oluşturulmuş ve Şekil 2’te verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde, eğilme testleri esnasında, test örneğinin rutubeti arttıkça, (grup 1’den grup 5’e doğru) eğilme testinde test örneğinin daha uzun süre kırılmadan yüke karşı koyabildiği görülebilir. Ancak, bunun zıttı olarak rutubet miktarı azaldıkça, ahşap malzemenin eğilme yüküne maruz kaldığında kırılma gerçekleşmeden önce çok az bir deformasyona dayanabildiği görülebilir. Şekil 2’te verilen grafikler incelendiğinde, ayrıca, grupların rutubet içerikleri arttığında test örneğinin taşıyabildiği maksimum yük miktarının da azaldığı görülebilir. Örneğin, grup 1’de test örneklerinin taşıyabildiği maksimum yük miktarı 1-2.4 kN aralığında değişirken, grup 5’de bu yük değeri 0.8 ile 1.1 kN aralığına kadar düşmüştür. Masif ahşap malzeme veya ahşap esaslı kompozit malzemeler konusunda yapılan önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 1997; Örs ve Keskin, 2001; Hıdır ve ark., 2024).

Test örneklerinin çekme-makaslama (yapışma) testine ait veriler, Tablo 7’de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, gruplar arasında farkların çok küçük olduğu ve bazı grupların aralarında fark olmadığı belirlenmiştir. Bu durum diğer mekanik özelliklerden farklı olan bir sonuçtur. Bu mekanik testte bu şekilde sonuç elde edilmesinin nedeninin, çekme-makaslama testine etki eden faktörler sadece odun özellikleri değil aynı zamanda tutkalın yapışma performansdır. Yapılan görsel muayenede, bu test esnasında test örneklerinin bazılarında tutkal hattının bir kısmında ayrılma olduğu görülmüştür. Bu durumda, elde edilen verilerin sadece rutubetin odun üzerine etkisi ile meydana geldiğini söylemek mümkün değildir. Aynı zamanda tutkal yapışması da etkilenmiştir. Gruplar arasında çekme-makaslama testi verilerine göre anlamlı bir fark olup olmadığı ANOVA testi ile araştırılmış ve bir fark olmadığı (NS) tespit edilmiştir.

Tablo 7. Çekme-makaslama direnci testine ait veriler ve Duncan testi sonuçları

Çekme-makaslama Direnci	Gruplar (N/mm ²)				
İstatistik değerler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
$\bar{x}$	3.3 A	3.6 A	3.6 A	3.3 A	3.3 A
ss	0.6	0.7	0.4	0.4	0.4

Laboratuvar denemelerinde, test örneklerinin statik sertlik testi sonunda elde edilen bulgular Tablo 8’de sunulmuştur. Tablo incelendiğinde, statik sertlik değerlerinin test örneklerinin rutubet içeriği arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. Duncan testine göre tüm gruplar arasındaki (grup 4 ile grup 5 hariç) farklar anlamlıdır. Statik sertlik testi bulgularına göre, test grupları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek için ANOVA testi yapılmış sonuçlara göre, gruplar arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde ($P<0.001$) farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2. Test örneklerinin yük-sehim grafikleri (tüm gruplar)

Tablo 8. Statik sertlik testi verileri ve Duncan testi sonuçları (İlker, 2025)

Sertlik testi (N/mm ²)	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
$\bar{x}$	31.7 A	28.3 B	23.1 C	16.7 D	15.4 D
ss	6.2	4.8	4.9	2.6	1.4

Denemeler sonunda elde edilen vida tutma testine ait bulgular aşağıda Tablo 9’de sunulmuştur. Tablo incelendiğinde, test örneklerinin rutubet içerikleri arttığında, vida tutma kapasitesinin de azaldığı görülebilir. Genel olarak tüm gruplar arasında farklılık vardır. Ancak, yapılan Duncan testine göre, grup 4 ile grup 5 arasındaki farklılık anlamlı değildir. Rutubet içeriği ile vida tutma kapasitesi arasındaki ilişki zıt ve doğrusaldır. Masif ahşap malzeme ve ahşap esaslı kompozit malzemelerin vida tutma kapasitesi üzerine yapılan önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Vida tutma kapasitesi testi bulgularında gruplar arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı ANOVA testi ile araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre; gruplar arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde ($P < 0.001$) bir farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 9. Vida tutma testine ait veriler ve Duncan testi sonuçları (İlker, 2025)

Vida testi	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
$\bar{x}$	18.3 A	15.6 B	12.2 C	8.6 D	8.4 D
ss	1.9	3.8	1.9	1.0	0.8

Elde edilen bulgulara göre; TKK grupları arasındaki yoğunluk farklılıklarının sonucu etkilemeyecek derece küçük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yapılan çalışmada test grupları arasında, test sonucunu etkileyebilecek diğer farklılıkların olmaması bakımından önemlidir. Çünkü, masif odun ve odun esaslı kompozit malzemelerde yoğunluk, mekanik özellikler üzerinde son derece önemli bir etkiye sahiptir. Bu konuda bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda test örneğinin yoğunluğunun mekanik özellikler üzerine etkisi rapor edilmiştir (Kollmann ve Cote, 1968; Bozkurt ve Erdin, 1997). Bu nedenle, yapılan testler sonunda elde edilen farklılıkların yoğunluktan kaynaklanmadığını söyleyebiliriz. TKK levhaların üretilmesinde kullanılan kavak kaplamaların kusursuz, kalınlık olarak eşit, budak içermeyen ve mekanik performansı etkileyecek başkaca farklılıkların olmamasına dikkat edilmiştir. Böylece gruplar arasında homojenlik sağlanmıştır. Bu verilere göre, TKK malzemenin mekanik performansının rutubet içeriği arttıkça genel olarak azaldığını söyleyebiliriz. Ahşap esaslı kompozit malzemeler üzerine yapılan bazı önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin; çam keresteden üretilen çapraz tabakalı kereste (ÇTK) test örneklerinin rutubet içeriğinin mekanik özellikler üzerine etkisi incelenmiş ve rutubetli örneklerin mekanik performansının kuru test örneklerine göre daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Hıdır ve ark., 2024). Lee ve ark., (2001) tarafından yapılan çalışmada ise, TKK test örneklerinin rutubet içeriğindeki küçük artış ile elastikiyet modülünde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Ladin kaplamalarından üretilen TKK levhaların eğilme özellikleri üzerine rutubet içeriğinin etkisi, Juciene ve ark., (2023) tarafından incelenmiş ve TKK panellerin eğilme dayanımı özelliklerine suyun etkisinin incelenmesi sırasında, suyun panellerin dayanımını önemli ölçüde etkilediği, kuru panelin dayanımıyla karşılaştırıldığında bir ıslatma çevriminden sonra %45'e, iki ıslatma çevriminden sonra ise neredeyse %52'ye düştüğü bulunmuştur. Bizim yaptığımız bu çalışmaya benzer bir çalışma ise Hu ve Zue (2013) tarafından yapılmış ve Kavak TKK test örneklerinin eğilme özellikleri üzerine rutubet içeriğinin etkisi araştırılmıştır. Yapılan testler sonunda, rutubet artışından TKK malzemenin eğilme direnci ve elastikiyet modülünün önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir. Bizim yaptığımız çalışmadan elde ettiğimiz ve önceki çalışmalar sonunda elde edilen verilere göre, TKK malzemenin rutubet içeriğinin mekanik özellikler üzerine etkisi olduğu açıktır.

4 Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada; kavak ağacından elde edilen soyma kaplamalar ve FF tutkalı kullanılarak, TKK levhaları üretilmiştir. Üretilen levhalardan hazırlanan test örnekleri farklı rutubet seviyelerine şartlandırılmıştır. Toplam 5 farklı rutubet içeriğinde (%0, %10, %20, %40 ve %130) gruplar oluşturulmuştur. Bu rutubet içeriğinde iken her grup için mekanik testler uygulanmıştır. Elde edilen genel sonuçlar şu şekildedir;

- Denemeler sonunda, test örneklerinin eğilme direncinin rutubet içeriği arttıkça önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Tam kuru hale göre yaş haldeki test örneklerinin eğilme direnci %50 oranında azalmıştır.
- Test örneklerinin elastikiyet modülü değerlerinin yine önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Tam kuru test örneklerine göre yaş haldeki test örneklerinin elastikiyet modülü değerleri %70 civarında azalmıştır.
- Eğilme testi sonunda elde edilen eğilmede deformasyon değerleri ise rutubet içeriği arttıkça artış göstermiştir. Eğilmede deformasyon değeri, tam kuru test örneklerine göre yaş test örneklerinde yaklaşık olarak 3.5 katı artış göstermiştir.
- Çekme-makaslama testi verilerinde doğrusal bir ilişki tespit edilememiştir. Bunun nedeninin bu testte etki eden faktörün sadece test örneğinin rutubet içeriği değil aynı zamanda tutkal bağında meydana gelen azalma olduğu söylenebilir.

- Statik sertlik testinde tam kuru test örneklerine göre yaş haldeki test örneklerinin sertlik değeri yaklaşık olarak %50 azalmıştır.
- Vida tutma kapasitesi testin de ise; yine rutubet içeriğinin artmasına paralel olarak direnç değerinde azalma meydana gelmiştir.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, farklı ağaç türlerinden elde edilen kaplamalar ve farklı tutkal türleri kullanılarak üretilen TKK malzemenin performansı üzerine rutubetin etkisi ve ayrıca karbon elyaf veya cam elyaf ile güçlendirilmiş TKK malzemenin performansı üzerine rutubetin etkisinin araştırılması önerilir.

Teşekkür

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi araştırma projeleri yönetim birimi başkanlığı tarafından 2023/3-16 YLS numaralı proje ile desteklenmiştir.

Yazar Katkıları

Bigahan Asena Şenay İlker: Araştırmanın yapılması, analizlerin yapılması, veri iyileştirme, kaynaklar, denetleme, doğrulama, görselleştirme, makale taslak oluşturma, makale yazma.

Bekir Cihad Bal: Araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi, metodolojinin belirlenmesi, araştırmanın yapılması, analizlerin yapılması, veri iyileştirme, kaynaklar, denetleme, doğrulama, görselleştirme, makale taslak oluşturma, makale yazma, inceleme ve düzenleme.

Finansal destek beyanı

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi araştırma projeleri yönetim birimi başkanlığı tarafından finansal destek sağlanmıştır.

Çıkar çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

Atar, İ., and Mengeloğlu, F., (2024). The effect of type of reinforcement, type of glue and reinforcement place on mechanical and physical properties of LVL, *Drvna industrija*, 75(2), 237-248, DOI: [10.5552/drvid.2024.0144](https://doi.org/10.5552/drvid.2024.0144)

Aydın, I., Çolak, S., Çolakoğlu, G., and Salih, E., (2004). A comparative study on some physical and mechanical properties of laminated veneer lumber (LVL) produced from beech (*Fagus orientalis* L.) and eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) veneers, *Holz Roh. Werkst*, 62, 218-220.

Bao, F., Fu, F., Choong, E.T., and 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.

Bal, B. C., and Bektaş, İ., (2012a). The effects of wood species, load direction, and adhesives on bending properties of laminated veneer lumber, *BioResources*, 7(3), 3104-3112.

Bal, B. C., and Bektaş, İ., (2012b). The effects of some factors on the impact bending strength of laminated veneer lumber, *BioResources*, 7(4), 5855-5863.

Bal, B. C., (2016a). Some technological properties of laminated veneer lumber produced with fast-growing Poplar and Eucalyptus, *Maderas: Ciencia y tecnología*, 18(3), 413-424, DOI: [10.4067/S0718-221X2016005000037](https://doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000037)

Bal, B. C., (2016b). The effect of span-to-depth ratio on the impact bending strength of poplar LVL, *Construction and Building Materials*, 112, 355-359, DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2016.02.197](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.197)

- Bal, B. C., (2021). Cam elyaf file ile güçlendirilen tabakalı kaplama kerestenin (TKK) bazı mekanik özellikleri üzerine bir araştırma, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 174-182, DOI: [10.33725/mamad.1014198](https://doi.org/10.33725/mamad.1014198)
- Berlung, L., and Rowell, R.M., (2005), *Wood Composites, Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*.
- Bozkurt, A. Y., ve Erdin, N., (1997). *Ağaç Malzeme Bilgisi*, İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Carvalho, A.M., Lahr, F.A.R., and Bortoletto, G., (2004). Use of Brazilian eucalyptus to produce LVL panels, *Forest Product Journal*, 54(10), 61-64.
- Çiğdem, E., ve Perçin, O., (2023). Karbon fiber ve cam fiber ile güçlendirilmiş ısıtıl işlem uygulanmış lamine kaplama kerestelerin (lvl) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(2), 653-664, DOI: [10.17341/gazimmfd.984248](https://doi.org/10.17341/gazimmfd.984248)
- Çolak, S., Çolakoğlu, G., and Aydın, I., (2007). Effects of logs steaming, veneer drying and aging on the mechanical properties of laminated veneer lumber (LVL), *Building and Environment*, 42(1), 93-98.
- Güller, B. (2001). Odun kompozitlerin, *Turkish Journal of Forestry*, 2(1), 135-160.
- Hıdır, A., Bal, B. C., and Avşaroğlu, E., (2024). Karaçam odunundan üretilen çapraz lamine ahşabın seçilmiş mekanik özellikleri üzerine rutubetin etkisi, *KSÜ-JES*, 27(2), 502-510, DOI: [10.17780/ksujes.1396980](https://doi.org/10.17780/ksujes.1396980)
- Hu, Y., and Xue, B., (2013). Analysis of nondestructive testing for mechanical properties of lvl at different relative humidities based on fuzzy and classical mathematics, *BioResources*, 8(2), 2839-2854.
- İlker, B.A.Ş., (2025), *Ahşap mimari yapılarda yapısal kompozit kerestelerin kullanımı ve kavak kaplamalardan üretilen tabakalı kaplama kerestelerin bazı özellikleri üzerine rutubetin etkisi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Kılıç, M., (2011).The effects of the force loading direction on bending strength and modulus of elasticity in laminated veneer lumber (LVL), *BioResources*, 6(3), 2805-2817.
- Kollmann, F. F. P., and Côté, W. A., (1968). *Principles of Wood Science and Technology*. Springer-Verlag.
- Kurt, R., Cil, M., Aslan, K., and Cavus, 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), 4886-4896.
- Kurt, R., and Çil, M., (2012). Effects of press pressure on glue line thickness and properties of laminated veneer lumber glued with melamine urea formaldehyde adhesive, *BioResources*, 7(3), 4341-4349.
- Janowiak, J.J., and Bukowski, S.W., (2000).Toughness properties for several composite lumber materials, *Forest Product Journal*, 50(5), 51-54.
- Jucienė, M., Dobilaitė, V., and Albrektas, D., (2023). An investigation of the impact of water on certain of the mechanical and physical properties of laminated veneer lumber (LVL) as used in construction, *Applied Sciences*, 13(2), 925.

- Lee, J. N., Tang, R. C., and Kaiserlik, J., (2001). Nondestructive evaluation of modulus of elasticity of yellow-poplar LVL: Effect of veneer-joint design and relative humidity, *Wood and fiber science*, 510-521.
- 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, 341-351.
- Örs, Y., ve Keskin, H., (2001). *Ağaç malzeme bilgisi*, Gazi Üniversitesi Ders Kitabı, S:23, 54, Ankara.
- Perçin, O., (2023). Isıl işlem uygulanmış karbon fiber ile güçlendirilmiş lamine kaplama kerestenin (LVL) hava kurusu yoğunluk ve liflere paralel basınç direncinin belirlenmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 104-114, DOI: [10.33725/mamad.1268729](https://doi.org/10.33725/mamad.1268729)
- Percin, O., and Uzun, O., (2023). Physical and mechanical properties of laminated wood made from heat-treated Scotch pine reinforced with carbon fiber, *BioResources*, 18(3), 5146-5164, DOI: [10.15376/biores.18.3.5146-5164](https://doi.org/10.15376/biores.18.3.5146-5164)
- Perçin, O., and Ülker, O., (2023). Influence of carbon fibre layers on the strength of thermally modified laminated veneer lumber, *Polímeros*, 33(1), e20230007, DOI: [10.1590/0104-1428.20220070](https://doi.org/10.1590/0104-1428.20220070)
- Stark, N., and Cai, Z., (2021). *Wood-based composite materials: panel products, glued laminated timber, structural composite lumber and wood-nonwood composites*. Chapter 11 in FPL-GTR-282, 11-1.
- Saviana, J., Sosa, Z.M.A., and Piter, J.C., (2009). Bending strength and stiffness of structural laminated veneer lumber manufactured from fast-growing Argentinean *Eucalyptus grandis*, *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 11(3), 183-190.
- Shukla, S. R., & Kamdem, P. D., (2008). Properties of laminated veneer lumber (LVL) made with low density hardwood species: Effect of the pressure duration, *Holz Roh Werkst*, 66, 119-127.
- Shukla, S. R., and Kamdem, P. D., (2009). Properties of laboratory made yellow poplar (*Liriodendron Tulipifera*) laminated veneer lumber: Effect of the adhesives, *European Journal of Wood and Wood Products*, 67, 397-405.
- TS 2479, (1976). Odunun statik sertliğinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 310, (1999). Ahşap esaslı levhalar- Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 322, (1999), Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 323, (1999), Ahşap esaslı levhalar-Birim hacim ağırlığının tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 13446, (2005), Ahşap esaslı levhalar-Bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini, TSE- Ankara.
- TS EN 314-1 (1998), Kontrplak Kaplanmış-yapışma Kalitesi -Bölüm 1: Deney Metotları, TSE, Ankara.
- TS EN 314-2 (1999), Kontrplak Yapışma Kalitesi- Bölüm 2: Özellikler, TSE, Ankara.