



### Sapelli glulam ahşap merdiven ve merdiven bağlantılarının davranışının incelenmesi

Nurettin Gökbulut <sup>1\*</sup>, Nihat Döngel <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakóltesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendislięi, Ankara, Türkiye

#### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 16/12/2024

Kabul Tarihi: 11/04/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1602540>

\*Corresponding author:

[nurettinokbulut@uludag.edu.tr](mailto:nurettinokbulut@uludag.edu.tr)

#### ÖZ

#### Araştırma Makalesi

*Giriş ve hedefler* alışmada; merdiven mühendisliği tasarımında yaygın olarak tercih edilen Afrika kökenli Sapelli (*Entandrophragma cylindricum* Harms) keresteler kullanılmıştır. Bu maksatla, ihtiyaç duyulan bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacı ile sapelli masif ve sapelli glulam malzemenin; rutubet oranları, yoğunlukları, basınç, yapışma ile eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri

tespit edilmiştir. İki farklı konstrüksiyonda üretilen, sapelli keresteden her biri 3 basamaklı olan 3 katmanlı sapelli masiflerin PVAc tutkalı kullanılarak glulam seren ve basamaklardan oluşan toplam 10 adet merdiven test edilmiştir.

*Yöntemler* Plazma makinesinde kesilen 10 mm sac 90°'lik konumda sabitlenerek hazırlanan test platformu makineye cıvatalar ile sabitlenerek teste hazır hale getirilmiştir. Bu merdivenlerin 5'ini seren üzerine bindirme basamaklı (Tip I) diğer 5'ini de serene gömme basamaklı rıhtsız (Tip II) merdiven oluştırmaktadır. Seren-basamak birleşim yerlerinde PVAc tutkal kullanılmış olup herhangi bir vidalı bağlantı kullanılmamıştır.

*Bulgular* Merdiven yapımında tercih edilen sapelli kerestenin glulam olarak kullanılması sonucunda testlerde yeterli mukavemeti gösterdiği gözlemlenmiştir.

*Sonuçlar* Sonuç olarak her iki konstrüksiyon ile test edilen merdivenler genel kullanımda yeterli sağlamlıkta olup Tip I merdiven Tip II merdivene göre %38,97 daha çok dayanım göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Merdiven, glulam, sapelli, fiziksel ve mekanik özellikler, merdiven bağlantıları

#### Investigation of the behavior of Sapele glulam wooden stairs and stair connections

#### ABSTRACT

*Background and aims* In this study; Sapele (*Entandrophragma cylindricum* Harms) timbers of African origin, which are widely preferred in stair engineering design, were used. For this purpose, the moisture content, density, compressive, adhesive and flexural strength and modulus of elasticity in bending were determined for sapele solid and sapele glulam in order to determine some of the required physical and mechanical properties. A total of 10 stairs consisting of glulam pavers and steps were tested using PVAc glue of 3-layered sapele massifs, each with 3 steps made of sapele timber, produced in two different constructions.

*Methods* The 10 mm sheet metal cut in the plasma machine was fixed in the 90° position and the prepared test platform was fixed to the machine with bolts and made ready for testing. 5 of these staircases consist of steps overlapping on the stile (Type I) and the other 5 consist of steps embedded in the stile and without risers (Type II). PVAc glue was used in the stile-step joints and no screwed connection was used.

*Results* It was observed that sapele timber preferred in staircase construction showed sufficient strength in the tests as a result of using it as glulam.

*Conclusions* As a result, the ladders tested with both constructions were sufficiently durable in general use, and the Type I ladder showed 38.97% more durability than the Type II ladder.

**Key Words:** Stairs, glulam, sapele, physical and mechanical properties, staircase connections

*Bu makaleye atıf:*

Gökbulut, N., Döngel, N., 2025. Sapelli glulam ahşap merdiven ve merdiven bağlantılarının davranışının incelenmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 72-77.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

## 1. Giriş

Ahşap merdivenler, evlerin ve binaların vazgeçilmez bir parçasıdır. Hem estetik hem de işlevsel açıdan önemlidirler. Doğal güzelliği ve sıcaklığı ile her ortama uyum sağlayabilen ahşap merdivenler hem estetik hem de mekansal olarak mimari kompozisyonun temel unsurları arasındadır. Sahip olduğu yapı ile cam, taş, beton, metal gibi yapı malzemelerinden farklı bir özellikte olan ahşap; mimaride ve iç mimaride önemli bir kullanım alanına sahiptir. Ağaç malzemenin anizotrop yapısı nedeniyle lif yönü (boyuna), yıllık halkalara dik (radyal) ve yıllık halkalara paralel (teğet) yönlerde farklı çalışma oranları yanında fiziksel ve mekanik özellikleri her üç yönde değişmektedir (Kalaycıoğlu, 2001). Odun-su ilişkileri, ağırlık-hacim ilişkileri, termik, elektriksel ve akustik özelliklerini kapsar (Örs ve Keskin, 2001). Malzemelerin yoğunlukları ve rutubet oranları gibi fiziksel özellikleri, mobilya mukavemet tasarımında birinci derece önemlidir (Efe ve Kasal, 2007). Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi, kusurlarından arındırılması ve eğri formlu imalatlarda diyagonal liflilik oluşmaması için laminasyon tekniği kullanılmaktadır. Laminasyon tekniği ile yüksek kalitede ve istenilen formda lamine ağaç malzeme üretmek mümkündür. Lamine ağaç malzemenin masif ağaç malzemeye göre birçok avantajları vardır (Keskin, 1999).

Merdivenlerin sağlamak zorunda oldukları işlevsel gereklilikler, önem sırasına göre, mukavemet, yangın korunumu, ses yalıtımı, ısı yalıtımı, yağmur ve rüzgâr geçirimsizliğidir. Mukavemet, tüm taşıyıcı yapı elemanlarında olduğu gibi merdivenlerde de kaçınılmazı olanaksız olan en önemli koşuldur (Sarı, 2000). Merdivenlerin yapım sisteminin seçimi aynı zamanda malzeme seçimiyle de ilgilidir. Günümüzde çeşitli malzeme alternatifleri bir araya getirilerek; örneğin ahşabın paslanmaz çelik, cam, taş ve fiberglas gibi diğer malzemelerle birlikte sıklıkla kullanıldığını görmek mümkündür. Ayrıca tek bir malzemenin, çoğunlukla da ahşabın kullanıldığı pek çok örnek vardır (Pěnčík ve ark., 2015). Çoğu ahşap merdiven, uygulanan bağlantıların boyutları ve mekanik özellikleri ile geleneksel tasarıma göre üretilmektedir. Merdiven tasarımı, basamak ve korkuluk boyutları çoğunlukla estetik açıdan belirlenir. Bazen basit kiriş hesaplamaları kullanılmakta olup, merdivenlerin tamamı için kiriş hesaplamalarına dayalı özel bilgisayar programları da kullanılabilir (Pousette, 2006). Ahşap merdivenler için öncelikle meşe ağacı olmak üzere ağırlıklı olarak sert ağaç kullanılmaktadır, ancak istisnai durumlarda yumuşak ağaç kullanılabilir. Yeni kompozit malzemelere rağmen ahşabın hala merkezde tutulmasının nedenleri, yüksek eğilme mukavemeti, çekme mukavemeti ve kesme kuvveti, çok tatmin edici esneklik ve düşük ağırlık, kimyasal malzeme etkilerine karşı dayanıklılık ve iyi termal ve akustik izolasyondur (Cvetičanin ve Hodžić., 2015). Bu özellikleri sayesinde ahşap, modern kompozit malzemelere rağmen pek çok alanda tercih edilmeye devam etmektedir.

Bu çalışmada ahşap merdiven yapımında tercih edilen sapelli (*Entandrophragma cylindricum* Harms) keresteler tercih edilmiştir. İki farklı konstrüksiyonda üretilen, sapelli keresteden her biri 3 basamaklı olan 3 katmanlı sapelli masiflerin PVAc tutkalı kullanılarak glulam seren ve basamaklardan oluşan toplam 10 adet merdiven test edilmiştir. Test sonuçlarına göre merdiven mukavemetinin hangi konstrüksiyon şeklide ne kadar

dayanım gösterebildiği ve kullanımına ilişkin detayların tespiti amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1 Ahşap malzeme

Deneylerde ahşap merdiven endüstrisindeki yaygın kullanımları göz önüne alınarak Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) ağaç türü seçilmiştir. Keresteler piyasadan satın alınmıştır. Herhangi bir budak, lif kıvrıklığı, çürüklük ve renklenme gibi doğal kusurların bulunmamasına dikkat edilmiştir. Glulam üretiminde, serenler için 7 mm, basamaklar için ise 6 mm kalınlığında sapelli lameller kullanılmıştır. Üretim sürecinde yapısal bileşenlerin birleştirilmesi amacıyla PVAc (Polivinilasetat) tutkal tercih edilmiş ve 24 saat süreyle soğuk presleme işlemi uygulanmıştır.

### 2.2 Fiziksel özellikler

#### 2.2.1 Yoğunluk ve rutubet tayini

Deney örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla TS ISO 13061-2'de (2021) belirtilen esaslara uyulmuştur. Sapelli malzemeden masif ve glulam olmak üzere 10'ar adet olmak üzere 20×20×30 mm ölçülerinde toplam 20 adet örnek hazırlanmış, daha sonra bu örnekler ±0,01 g duyarlılık terazi ile tartılmışlardır.

Böylece örneklerin rutubetli ( $W$ : %12 hava kurusu yoğunluğu) ağırlıkları ( $m_W$ ) tespit edilmiştir. Daha sonra bu örneklerin boyutları ± 0,01 mm duyarlılık dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri ( $V_W$ ) hesaplanmıştır. %12'lik nem düzeyindeki ( $\rho_{12}$ ) yoğunlukları eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$\rho_W = \frac{m_W}{a_W \times b_W \times l_W} = \frac{m_W}{V_W} (g/cm^3) \quad [1]$$

Deney örneklerinin Rutubetlerinin belirlenmesi amacıyla TS ISO 13061-1' de (2021) belirtilen esaslarına uyulmuştur. Kurutmadan önce test parçasının başlangıç kütlesi ( $m_1$ ), g cinsinden ve Deney parçasının fırında kurutulmuş kütlesi ( $m_2$ ), g cinsindendir. Rutubetin belirlenmesi için;

$$W, \% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad [2]$$

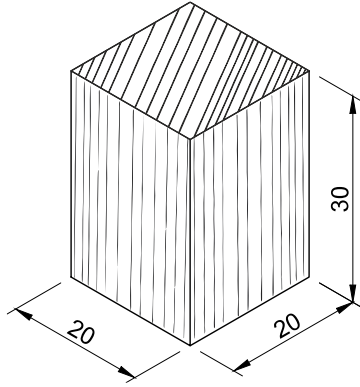
eşitliği kullanılmıştır (eşitlik 2).

### 2.3 Mekanik özellikler

Bu çalışmada, her deney için 10'ar adet örnek malzemelerin statik yük altındaki; liflere paralel basınç liflere paralel çekme, eğilme ve eğilmede elastikiyet modülü ve yapışma değerleri tespit edilmiştir.

#### 2.3.1 Basınç direnci

Basınç dirençlerinin belirlenmesinde, TS ISO 13061-17 (2019) standardı esaslarına uyulmuştur. Liflere paralel basınç direnci deneylerinde 20×20 mm kare kesitli ve lifler yönünde 30 mm uzunluğundaki numuneler kullanılmıştır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Masif ağaç malzeme için basma deneyi örneği (ölçüler mm'dir)

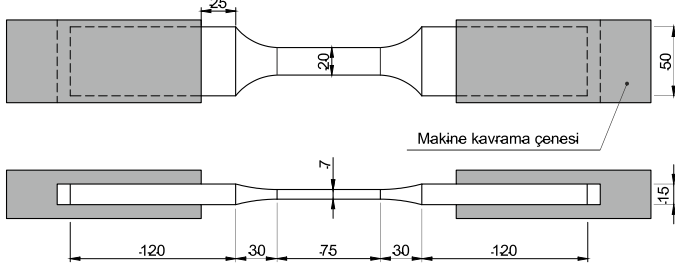
Deneylerde ezilme anındaki maksimum kuvvet ( $F_{max}$ ) ve örnek enine kesit alanı ( $a \times b$ ) için basınç direnci ( $\sigma_c, 0, W$ );

$$\sigma_c, 0, W = \frac{F_{max}}{a \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [3]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (eşitlik 3).

### 2.3.2 Çekme direnci

Liflere paralel yöndeki çekme dirençleri TS ISO 13061-6 (2021) standardı esaslarına göre belirlenmiştir. Çekme deneyi örnekleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Masif ağaç malzeme için çekme deneyi örneği (ölçüler mm'dir)

Deneylerde kopma anındaki kuvvet ( $P_{max}$ ) ve kopmanın meydana geldiği kesit alanı ( $bh$ ) için çekme direnci ( $\sigma_{W||}$ );

$$\sigma_{W||} = \frac{P_{max}}{bh} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [4]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (eşitlik 4).

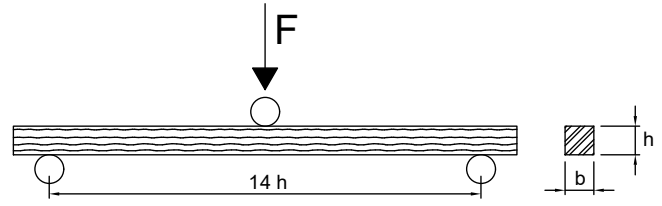
### 2.3.3 Eğilme direnci ve elastikiyet modülü

Eğilme direncinde TS ISO 13061-3'de (2021) belirtilen esaslara uyulmuştur. Deney örnekleri, ağaç malzemeler için 350×20×20 mm, ölçülerinde olmak üzere 10'ar adet hazırlanmıştır. Deneylerde yük numunelerin tam ortasından uygulanmıştır. Kırılma anındaki maksimum kuvvet ( $P_{max}$ ) için eğilme direnci ( $\sigma_{bW}$ );

$$\sigma_{bW} = \frac{3P_{max}l}{2bh^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [5]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (eşitlik 5).

Burada kesit genişliği ( $b$ ), kesit yüksekliği ise ( $h$ )' dir. Eğilme direnci deney düzeneği Şekil 3'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.** Eğilme direnci deneyi düzeneği (ölçüler mm'dir)

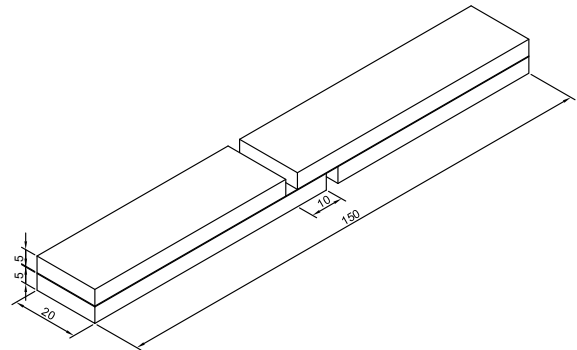
Eğilme deneylerinde, eğilmede elastikiyet modülü değerleri de hesaplanmıştır. Bu amaçla, masif ağaç malzemelerde TS ISO 13061-4'te (2021) esaslarına uyulmuştur. Elastikiyet modülü ( $E_W$ ), yükler değiştirme eğrisinin doğrusal kısmından yararlanılarak hesaplanmıştır. Desteklerin merkezleri arasındaki mesafe mm cinsinden ( $l$ ), test parçasının genişliği mm cinsinden ( $b$ ) ve test parçasının yüksekliği mm cinsinden ( $h$ ) olarak hesaplanmıştır. Yük-yer değiştirme eğrisinin doğrusal kısmına isabet eden her bir yük için belirli bir yer değiştirme değeri söz konusu olduğundan, yüklemenin üst ve alt sınırları arasındaki farka eşit yük ( $P$ ) karşılık oluşan yer değiştirme miktarı ( $f$ ) olmak üzere, elastikiyet modülü;

$$E_W = \frac{Pl^3}{4bh^3f} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [6]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (eşitlik 6).

### 2.3.4 Yapışma direnci

Yapıştırma işlemlerinde polivinil asetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır. Sapelli ağaç malzemesinden hazırlanan deney örnekleri TS EN 205 (2017) ve TS EN 12765 (2017) standartlarında belirtilen esaslara göre panel kalınlığı 5 mm olacak Şekil 4.'de 10×20×150 mm net ölçülerinde hazırlanmıştır. Deney örneklerinin tutkallama işlemlerinde; tutkal türüne bağlı olarak 180-200 g/m<sup>2</sup> olacak şekilde ve üretici firma tarafından belirtilen sıcaklık, basınç ve süre değerlerine göre preslenmiştir.



**Şekil 4.** Yapışma direnci deneyi örneği (ölçüler mm'dir)

Deney örneklerinin yapışma yüzeyine 5 mm/dk yükleme hızıyla kademeli çekme kuvveti uygulanarak Üniöersal test cihazı tutkal hattından koparmaya çalışılmıştır (TS EN 204, 205). Newton cinsinden uygulanan maksimum kuvvet ( $F_{max}$ ),

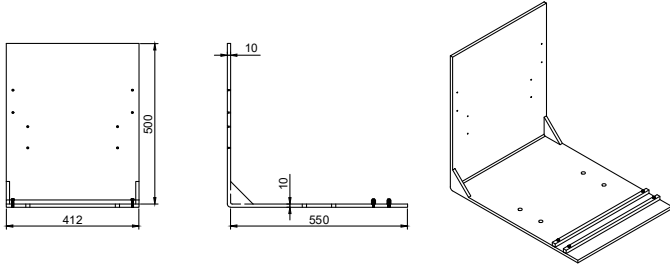
milimetre kare ( $mm^2$ ) cinsinden yapıştırılmış test yüzeyi ( $A$ ), yapıştırılan test yüzeyinin milimetre ( $mm$ ) cinsinden uzunluğu ( $l_2$ ) ve yapıştırılmış test yüzeyinin milimetre ( $mm$ ) cinsinden genişliği ( $b$ ) olmak üzere, ( $\tau$ ) yapışma direnci;

$$\tau = \frac{F_{max}}{A} = \frac{F_{max}}{l_2 \times b} \quad (N/mm^2) \quad [8]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (eşitlik 8).

## 2.4 Test düzeneği

Deneyde kullanılacak olan test düzeneğinde 10 mm kalınlıkta sac kullanılmıştır. Plazma kesicide net ölçülere getirilen düzenek 90 derece bükülmüştür ve sağlamlığın artırılması ve dikliğin muhafazası için iki köşeye de  $7 \times 7$  üçgen parça kaynatılmıştır. Seren sabitlemek için platformun arkasına 2'şer adet vida deliği açılmıştır. Stoplar için ise 2'şer adet kılavuz delikler açılarak merdivenler cıvatalar ile sabitlenmiştir. Ortadaki delikler ise Instron 5969 model mekanik test makinesine sabitlemek için açılmıştır (Şekil 5,6).



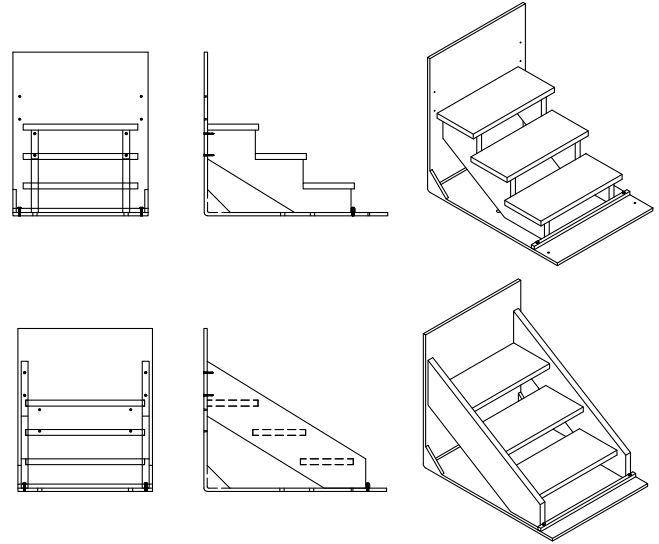
Şekil 5. Test düzeneği (ölçüler mm'dir)



Şekil 6. Test düzeneği delik delme işlemi

## 2.5 Merdivenlerin test düzeneği bağlantısı

Test düzeneği test cihazına sabitlendikten sonra tip I ve tip II merdivenler Şekil 7'de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir. Yerleştirilen merdivenlerin serenleri arkasından test düzeneğine 2'şer vida ile sabitlenmiştir. Merdivenler ön kısımdan sabitlenen metal bir çubuk ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 7. Merdivenlerin test düzeneğine yerleştirilmesi

Seren üzerine bindirme basamaklı (Tip I) ve serene gömme basamaklı (Tip II) üçer basamaklı ve serenleri olan 5'er adet merdivenlerin montajı sonrası, hazırlanmış olan deney düzeneğinde şekildeki gibi konumlandırılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Tip I (Seren üzerine bindirme basamaklı) ve Tip II (Serene gömme basamaklı) merdivenin test düzeneğindeki konumları

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1 Merdiven performans testi

Kupon testlerinden masif sapellinin hava kuru yoğunluğu  $0,699 \text{ g/cm}^3$  iken sapelli glulamın hava kuru yoğunluk değeri  $0,710 \text{ g/cm}^3$  elde edilmiştir. Kurtoğlu ve Ünlügil (1991) hava kuru özgül ağırlığı yetiştirme yerine göre  $0,6$  ve  $0,75 \text{ g/cm}^3$  arasında olduğunu belirtmiştir. Dadzie ve Amoah (2015) çalışmasındaki sapelli odunun yoğunluk değeri  $0,659 \text{ g/cm}^3$  bulunmuştur. Bozkurt ve Erdin (1989) ise yazarı oldukları kitapta sapelli odunun yoğunluk değerini  $0,620 \text{ g/cm}^3$  olarak belirtmişlerdir. Bu çalışma kapsamında bulduğumuz yoğunluk değerleri literatür ile uyumludur.

Sapelli masif ve sapelli glulam ile oluşturulan seren üzerine bindirme basamaklı (Tip I) ve serene gömme basamaklı (Tip II) olmak üzere 5'er adet merdivenin haricinde sapelli ve sapelli glulam örneklerinden toplam 100 örnek elde edilmiş, fiziksel ve mekanik testler yapılmıştır. Masif sapellinin rutubet değeri  $\%10,1$  iken sapelli glulamın rutubet değeri  $\%8,7$  elde edilmiştir. Merdiven yapımında kullanılan ağaç türlerinden olan meşe

odunu ile ilgili Kaya ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada ağacın rutubet oranını %12,4 olarak belirtmişlerdir. Glulam sapellinin basınç değeri masif sapellinin basınç değerinden %25,41 daha

yüksek çıkmıştır. Glulam sapellinin eğilme direnci değeri masif sapellinin eğilme direnci değerinden %8,81 daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Deney malzemelerinin fiziksel ve mekanik direnci değerleri

| Sapelli | Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> ) | Rutubet (%) | Basınç (N/mm <sup>2</sup> ) | Çekme (N/mm <sup>2</sup> ) | Eğilme (N/mm <sup>2</sup> ) | Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> ) | Yapışma (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|-------------------------------|-------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|
| Masif   | 0,699                         | 10,1        | 45,4                        | 135,1                      | 86,5                        | 10166,4                                 | -                            |
| Glulam  | 0,710                         | 8,7         | 56,9                        | -                          | 94,1                        | 10194,3                                 | 8,15                         |

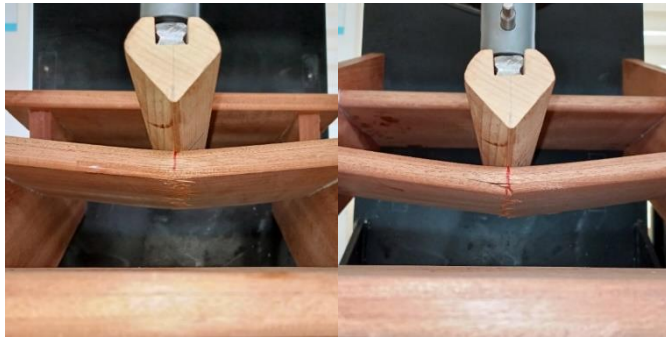
Blok halinde deneye tabi tutulan merdivenlerin orta basamağında kuvvet uygulaması gerçekleştirilmiş ve tip I' in tip II'ye göre %38,97 (11184.72/8048.45) daha fazla kuvvete dayanım gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Deney sonucu merdivenlerin yük taşıma ortalamaları

| Merdiven Tipi (Sapelli glulam)           | Çekme dayanımında taşıdığı yük (N) |
|------------------------------------------|------------------------------------|
| Tip I (Seren üzerine bindirme basamaklı) | 11184,72                           |
| Tip II (Serene gömme basamaklı)          | 8048,45                            |

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Üç lamel ile üretilen sapelli glulamların, seren üzerine bindirme basamaklı ve serene gömme basamaklı merdivenlerin eğilme testinde, orta noktadan uygulanan yük sonucunda basamağın merkezinde belirgin bir çatlak ve kırılma meydana gelmiştir. Basamağın ortasında, yükün doğrudan uygulandığı noktada kırılma oluşmuş, çatlak laminasyon katmanları boyunca ilerlemiş ve tutkal hattında ayrılmalar meydana gelmiştir. Tip II (Serene gömme basamaklı) merdiven Tip I (Seren üzerine bindirme basamaklı) merdivene göre daha fazla boyutta çatlamlar ve kırılmalar meydana gelmiştir.



**Şekil 9.** Tip I (Seren üzerine bindirme basamaklı) ve Tip II (Serene gömme basamaklı) merdivenlerin test edilmesi

Her iki merdiven tipi üzerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen kuvvet değerleri, konut içi kullanım için yeterli yapısal dayanımı sağladığını göstermektedir. Ancak, estetik kaygılar ve kullanım alanının gerektirdiği yük taşıma kapasitesi dikkate alındığında, farklı tipler için farklı önerilerde bulunmaktadır.

Tip I seren üzerine bindirme basamaklı merdiven, daha fazla yüke maruz kalacak ve yoğun insan trafiğinin olduğu mekânlarda önerilmektedir. Bu merdiven tipinde basamaklar, seren üzerine bindirilerek yerleştirildiğinden, yük taşıma kapasitesi artmakta ve daha dayanıklı bir yapı elde edilmektedir.

Sürekli hareketin olduğu kamusal alanlar, ticari yapılar veya çok katlı binalardaki ortak kullanım alanlarında bu tip merdivenlerin tercih edilmesi, uzun ömürlü ve güvenli bir kullanım sağlayacaktır.

Tip II serene gömme basamaklı merdiven ise daha estetik ve zarif bir görünüme sahip olması nedeniyle konut içi kullanımlar için önerilmektedir. Bu tip merdivenlerde basamaklar, seren içerisine gömülü olarak yerleştirildiğinden daha modern, minimalist ve şık bir tasarım sunmaktadır. Aynı zamanda, bu yapı mekânın genel atmosferine uyum sağlayarak iç mimariyle bütünleşmiş bir görünüm oluşturur. Estetik kaygılarla tasarlanan bu tür merdivenler, konutlarda görseelliğin ön planda olduğu mekânlarda bu tip merdiven önerilmektedir.

Bununla birlikte, merdiven tasarımı ve yapısal analiz süreçlerinin günümüz teknolojileri kullanılarak dijital ortamda gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) ile yapılan analizler sayesinde, malzeme kullanımının verimli hale getirilmesi, yapısal dayanımın önceden optimize edilmesi ve üretim sürecinde zaman tasarrufu sağlanması mümkündür.

Ayrıca, bu tür dijital yöntemler, sürdürülebilirlik açısından da büyük önem taşımaktadır. Doğal kaynakların korunması ve orman varlıklarının sürdürülebilir yönetimi adına, ahşap kullanımını en aza indirgeyerek en verimli tasarımların belirlenmesi hedeflenmektedir. Böylece hem yapısal dayanıklılığı artırmak hem de çevresel etkileri minimize etmek mümkün olacaktır.

#### Teşekkür

Bu makale, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen FDK-2024-9112 proje numaralı ve " Farklı Konstrüksiyonlarla Üretilmiş Ahşap Merdivenlerin Fiziksel ve Mekanik Testleri ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi" adlı doktora tezi projesinden üretilmiştir. BAP koordinasyon birimine teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- Bozkurt, Y., Erdin N., 1989. Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, s. 251.
- Cvetičanin, A., Hodžić, A., 2015. Technological process of making wooden staircases.
- Dadzie, P. K., Amoah, M., 2015. Density, some anatomical properties and natural durability of stem and branch wood of two tropical hardwood species for ground applications. European Journal of Wood and Wood Products, 73, 759-773.
- Efe, H., Kasal, A., 2007. Çeşitli Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin

- Belirlenmesi, G.Ü.T.E.F., Politeknik Dergisi, 10(3), 303-311.
- Kalaycıoğlu, H., 2001. Neden OSB. Laminart Mobilya, Dekorasyon, Sanat ve Tasarım, 12(2), s. 136-138.
- Kaya, M., Bülbül, R., İmirzi, H., Döngel, N., 2024. Farklı Odun ve Tutkal Türleri Kullanılarak Üretilen Lamine Kerestelerin (Glulam) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 26(2), 58-68.
- Keskin, H., 1999. Doktora tezi. Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları, s.1.
- Kurtoğlu, A. ve Ünligil, H., 1991. Parkelerde Yüzey İşlemleri. Orman Fakültesi Dergisi, 41(3-4), 41.
- Örs, Y., Keskin, H., Ağaç Malzeme Bilgisi, Atlas Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Yayın No 02, Ankara, 2001.
- Pěňčík, J., Lavický, M., Král, P., Havířová, Z., 2015. Analysis of Behaviour of Prefabricated Staircases with One-Sided Suspended Stairs. Drvna industrija, 66(2), 148.
- Pousette, A., 2006. Testing and modeling of the behavior of wooden stairs and stair joints. Journal of Wood Science, 52(4), 358-362.
- Sarı, A., 2000. Düşey Sirkülasyon Araçları Merdivenler. İstanbul: YEM Yayın. s.183.
- TS ISO 13061-2 “Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 2: Fiziksel ve mekanik deneyler için yoğunluğun belirlenmesi”, T.S.E., Ankara, 2021.
- TS ISO 13061-1 “Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi”, T.S.E., Ankara, 2021.
- TS ISO 13061-17 “Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Küçük kusursuz odun numuneleri için deney yöntemleri – Bölüm 17: Liflere paralel basınç altında nihai gerilimin belirlenmesi”, T.S.E., Ankara, 2019.
- TS ISO 13061-6 “Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 6: Liflere paralel nihai çekme geriliminin tayini”, T.S.E., Ankara, 2021.
- TS ISO 13061-3 “Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 3: Statik eğilmede nihai mukavemet tayini”, T.S.E., Ankara, 2021.
- TS ISO 13061-4 “Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 4: Statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini”, T.S.E., Ankara, 2021.
- TS EN 205 “Yapıştırıcılar – Yapısal olmayan uygulamalar için ahşap yapıştırıcılar –Bindirmeyle yapıştırılmış eklerin çekmeyle kayma mukavemetinin tayini”, T.S.E., Ankara, 2017.
- TS EN 12765 “Yapısal olmayan uygulamalarda kullanılan termoset ahşap yapıştırıcıların sınıflandırılması”, T.S.E., Ankara, 2017.
- TS EN 204 “Yapısal olmayan uygulamalar için termoplastik ahşap yapıştırıcıların sınıflandırılması”, T.S.E., Ankara, 2017.