



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



Endüstriyel sandalye tasarımında estetiklik ve dayanıklılık optimizasyonu

Aestheticity and durability optimization in industrial chair design

Yazar(lar) (Author(s)): İhsan KÜRELİ¹, Mustafa ALTINOK², Elif Rabia UYSAL³

ORCID¹: 0000-0003-3674-2930

ORCID²: 0000-0002-2048-1994

ORCID³: 0000-0003-4552-6025

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Küreli İ., Altınok M., Uysal E. R., “Endüstriyel sandalye tasarımında estetiklik ve dayanıklılık optimizasyonu”, *Politeknik Dergisi*, 23(4): 1413-1421, (2020).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.680989

Endüstriyel Sandalye Tasarımında Estetiklik ve Dayanıklılık Optimizasyonu

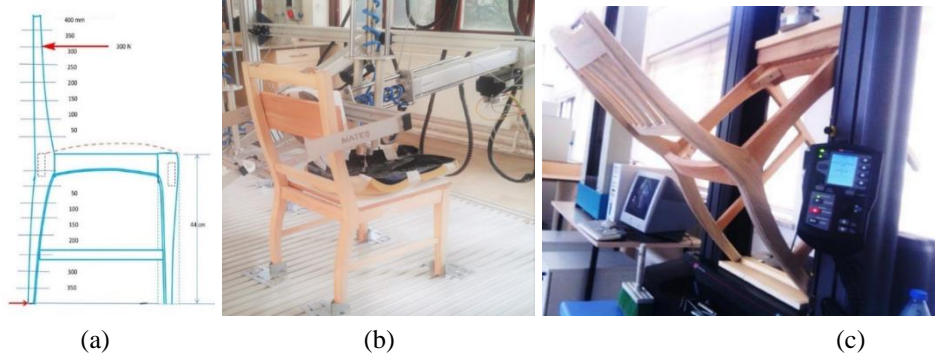
Aestheticity and Durability Optimization in Industrial Chair Design

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Endüstriyel sandalye tasarımı yapılmış ve üretilmiştir. / Industrial chairs are designed and produced.
- ❖ Tasarım sandalyelere benzer sandalyeler piyasadan temin edilmiştir. / Chairs similar to the designed chairs were obtained from the market.
- ❖ Sandalyelerde estetiklik ve dayanıklılık optimizasyonu yapılmıştır. The aestheticity and durability of the chairs have been optimized.
- ❖ Sandalyelerde tasarım sorunları giderilmeye çalışılmıştır. / Design problems were tried to be eliminated in the chair.
- ❖ Sandalye endüstrisi için öneriler getirilmeye çalışılmıştır. / Suggestions were made for the chair industry.

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Sandalyelerin teorik analize dayalı estetik tasarımı, üretimi ve testleri yapılmıştır (Aesthetic design based on theoretical analysis, manufacturing and testing of the chairs were carried out)



Şekil. Sandalyelerde tasarım (a), oturma yeri ve arkalık (b), diyagonal testler (c) /
Figure. Design of chairs (a), seat and backrest (b), diagonal tests (c)

Amaç (Aim)

Piyasada üretilen sandalyeler ile tasarım sandalyelerin birbirleriyle karşılaştırmasını yapmaktır. / Comparison of chairs produced in the market and designed chairs.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Çam, Doğu kayını ve meşeden üretilen piyasa ve tasarım sandalyeleri test edilmiştir. / Market-based and designed chairs made of pine, oriental beech and oak were tested.

Özgünlük (Originality)

Deneylerde kullanılan tasarım sandalyeler 1/1 ölçeğinde üretilmiştir. / Designed chairs for experiments were produced in 1/1 scale.

Bulgular (Findings)

Tasarım sandalyeler aynı zorlanmalar karşısında piyasa sandalyelerine göre daha az deforme olmuştur. / Designed chairs were less deformed than market chairs under same stresses.

Sonuç (Conclusion)

Tasarım sandalyelerinin piyasa sandalyelerine göre daha dayanıklı olduğu görülmüştür. / Designed chairs were found to be more durable than market chairs.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The authors of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Endüstriyel Sandalye Tasarımında Estetiklik ve Dayanıklılık Optimizasyonu

Research Article /Araştırma Makalesi

İhsan KÜRELİ*, Mustafa ALTINOK, Elif Rabia UYSAL
Gazi Üniversitesi Ağaççileri Endüstri Mühendisliği Teknikokullar / ANKARA
(Geliş/Received : 17.08.2019 ; Kabul/Accepted : 15.11.2019)

ÖZ

Sandalye, yaygın olarak kullanılan ve piyasada çeşit ve türü çok fazla olan bir mobilyadır. Mobilya piyasasındaki çoğu firma, sandalyeyi fabrikasyon olarak üretmektedir. Bu seri ve yığın halinde üretilen sandalyelerin büyük çoğunluğu mühendislik hesaplarına ve estetik gerekliliklere dayalı değildir. Bu nedenle çalışmanın amacı endüstriyel sandalye tasarımında estetiklik ve dayanıklılık optimizasyonu üzerinedir. Çalışmada yöntem olarak dayanıklılık analizine dayalı olarak eleman boyutları ve birleşme yerleri belirlenmiş ve bu analizin izin verdiği kısımlarda estetiklik optimizasyonu yapılmış 9 adet tasarım (çam, meşe ve Doğu kayını) sandalye örnekleri üretilmiştir. Aynı zamanda mobilya pazarlama piyasasından rastgele yöntemle belirlenmiş firmalardan 9 adet endüstriyel (çam, meşe ve Doğu kayını) sandalye temin edilmiştir. Bu sandalyelere TS EN 1728 ve TS EN 1729-2'ye uygun sağlamlık testi uygulanmıştır. Bu testlerin sonucunda, bu iki grup sandalyelere uygulanan testler ile belirlenen sandalye dayanıklılık değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu piyasadaki alınan sandalyelerin sağlamlığı tasarım sandalyelerin sağlamlığından daha az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, endüstriyel sandalyelerde ergonomik form ve ölçülere önem verilmediği görülmüştür. Tasarım sandalyelerde bu sorunlar düzeltilerek, endüstri kurumlarına öneri olarak sunulmuştur

Anahtar Kelimeler: Ahşap sandalye, endüstriyel tasarım, dayanıklılık, estetiklik, dayanıklılık testi.

Aestheticity and Durability Optimization in Industrial Chair Design

ABSTRACT

The chair of this furniture is widely used and there is a lot of variety and type in the market. Most companies in the furniture market produce the chair by default. The majority of these series and stacked chairs are not based on engineering calculations and aesthetic requirements. Therefore, the aim of the study is on aesthetics and durability optimization in industrial chair design. In the study, element sizes and joints were determined based on the strength analysis as a method, and 9 design (pine, oak and oriental beech) chair samples were produced with aesthetics optimization in the parts allowed by this analysis. At the same time, 9 industrial (pine, oak and oriental beech) chairs samples were obtained from randomly selected companies from the furniture marketing market. These chairs were subjected to rigidity test in accordance with TS EN 1728 and TS EN 1729-2. As a result of these tests, the chair durability values determined with the tests applied to these two groups of chairs were compared with each other. As a result of the comparison, the strength of the chairs obtained from the market was found to be less than the strength of the design chairs. In addition, ergonomic forms and measurements were not given importance in industrial chairs. These problems were corrected in the design chairs and presented to the industry institutions as suggestions.

Keywords: Wood chair, industrial design, durability, aesthetics, endurance test.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Endüstriyel olarak üretilen ve yaygın olarak kullanılan, aynı zamanda önemli bir dış ticaret ürünü olan mobilyanın estetik değerler ve mühendislik hesaplarına göre tasarımı önemli bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

Geleneksel ve endüstriyel yöntemlerle üretilen genelde tüm ürünlerin, özelde de mobilya ve sandalyenin tasarım ve üretimine tek yanlı yaklaşımlarla yoğunlaştığında; kullanımı sorunlu, özellikle sandalye oturma eylemine uygun olmayan ergonomik bozukluklar sunmaktadır. Endüstriyel ürünler kısaca, hangi yaklaşımla tasarlanıp üretilmişse, karşı yaklaşım karakterinden yoksun ve tek yönlü ortaya çıkmakta, bu da müşteriye hem memnuniyetsizlik hem de yeni bir ürün-eşya arayışına

sebeptir. Yani bir tatminsizlik yaratmaktadır. Bu arayış ve tatminsizliğin temelinde bakıldığında hem sağlamlık hem de estetiklik ve güzellik unsurlarının birlikte yüklendiği ürün/sandalyenin piyasada yer almamasından kaynaklandığı ortaya çıkmaktadır.

Genelde mobilya endüstrisinde, özelde ise sandalye imalat alanında ulaşılan yeni teknik, teknolojik ve materyal ile ilgili gelişmelere bakıldığında, yukarıda aranan sağlamlık-estetik ve güzellik kavramlarına uygun ürün tasarlayıp geliştirmenin ve üretmenin mümkün olduğu görülmektedir. Bunun için, tasarımcının insan ve oturma ergonomisini bilmesi ve oturma eylemini iyi analiz etmesi, bu sırada ortaya çıkacak verileri ürün (sandalye) tasarım ve şekillendirmesine aktarması yeterli olacaktır.

Bu noktadan hareketle çalışmada; sandalye taşıyıcı elemanlarında dayanım gerekliliğini olumsuz etkilemeyecek estetik (sanatsal şekillendirme) ve

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : ikureli@gazi.edu.tr

hareketlilik uygulaması ile dayanıklılık ve estetik arasında en uygun (optimum) yapıyı tespit etmek amaçlanmıştır.

Sandalyenin insan hayatının birçok alanında kullanımı söz konusudur. Bu nedenle sandalyenin sadece sağlamlığını inceleyen pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak estetikliğini konu edinen araştırmalara fazla rastlanmamaktadır. Sandalyede estetiklik ve güzellik unsurlarının irdelenmesinin ihmal edildiği görülmektedir.

Altınok (1987), endüstriyel mobilya üretiminde mobilyanın tasarım aşamasında nelerin önemli olduğunu ortaya koymuş ve bir tasarımcının endüstriyel mobilya tasarımında bu faktörlere dikkat etmesi gerektiğini belirtmiştir [1].

Altınok (1995), masif ahşaptan üretilen sandalyenin tasarımında mukavemet elemanlarının boyutlandırılmasını ele almıştır. Bunun sonucunda kritik oturma pozisyonundaki sandalyenin performansında birinci sırada önemli kriter çerçeve düğüm noktalarının h boyutu ve zıvanaların tutkallı bağlantı sağlamlığı, ikinci sırada önemli kriter ise çerçeve elemanlarının ve çerçeve uzantısı ayak alt ve üst kısımlarının kesit boyutları olarak belirlenmiştir [2].

Yılmaz ve Güntekin (2012), Doğu kayınından olan farklı ara kayıt konumlarına göre üretilmiş sandalyelerin kritik oturma pozisyonlarında ve ara kayıt elemanlarının yer değiştirildiğinde sandalye elemanlarına etki eden uç kuvvetler ve momentleri bularak, gerilme ve deformasyonların en fazla ara kayıtsız modellerde meydana geldiğini belirtmişlerdir [3].

Tankut ve Sözen (2015), kayın odunundan ve metal birleştirmeli sandalye iskeletlerinde yorulma performanslarını belirlemiştir. Yorulma testlerinin sonucu olarak ara-kayıt birleştirmelerindeki metal birleştirme elemanları istenilen seviyeye ulaşamaz iken sandalyenin arkalık kısımlarında kabul seviyelerini tamamladığı belirtilmiştir [4].

Likos (2013), sandalye köşe birleştirmelerinde uygulanan farklı zıvana kesit formlarının sandalye mukavemetine etkisi incelenerek elde edilen sonuçlar yapısal analiz programıyla karşılaştırmıştır. Sonuç olarak Yapılan T-tipi köşe birleştirme deneylerinde zıvana kesit formuna bağlı olarak 3 değişik zıvana boyunda farklı sonuçlar elde edilmiş; yapısal analiz programından elde edilen moment değerleri ile deneyler sonucundaki değerler karşılaştırılmış ve %92,3 yakınlık derecesinde tutarlılık belirlenmiştir [5].

Kürelî (1988); sandalyedeki ayak-kayıt birleştirmelerinde kullanılan düz zıvanalı, kavelalı ve kavelalı-zıvanalı birleştirmelerin mukavemeti karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda sandalyede ön ve arka ayak kayıtlarında kavelalı birleştirme, yan kayıt ve ayaklarında ise zıvanalı birleştirmenin uygulanması vurgulanmıştır [6].

Güntekin (2017), Birleştirmelerin özellikleri eleman özelliklerinden daha önemli olduğunu belirtmiştir. Mobilyada elemanların estetik tasarımı çoğu zaman diğer

faktörlerin önüne geçtiği için mobilya elemanlarının gereğinden fazla büyük yapılabildiğini belirtmiştir [7].

Uçmak (2016), Türkiye Mobilya Endüstrisinde faaliyet gösteren, çok çeşitli sandalye modellerini üreten bir üretici firmada demonte olarak üretilen çeşitli tiplerdeki ev içi kullanım sandalyelerinin, ürün mühendisliği yöntemleri uygulanarak mukavemet özelliklerinin geliştirilmesi ve optimizasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, orijinal modellerle ve yapısal analiz sonuçları ile karşılaştırılmış değerlendirilmiş ve yeterli mukavemete gelmediği tespit edilen sandalyeler için alternatif optimizasyonlara göre istenilen mukavemet değerlerine ulaşıncaya kadar bu aşama devam ettirilmiştir [8].

Aksu'nun (2012), bu çalışmada kent mobilyalarının genel tanımlamalarını yapılmıştır. Kent mobilyalarını tasarlarken diğerlerinden ayıracak; işlev, estetik, biçim, malzeme, renk, doku ve algılana bilirlilik ölçütleri üzerinde durulmuş ve günümüz kent mobilyaları tasarım örnekleri ile değerlendirilmiştir. Aksu, özgün ve yaratıcı kent mobilyaları tasarımlarının, yer aldıkları mekânlarda hem kullanım kalitesini hem de görsel kaliteyi artırarak, kent kimliğini ve kullanıcıların psikolojik durumlarını olumlu yönde etkileyebildiğini savunmuştur [9].

Kuşkun (2013); ahşap sandalyelerin ürün mühendisliği yöntemleriyle tasarım ve analizi, aynı sandalyelerin performans test ekipman ve prosedürleriyle ölçümü ve son olarak testlerden elde edilen sonuçların bilgisayar destekli analiz verileriyle karşılaştırılmasını çalışmıştır. Bu deneyler sonuçlarına göre, birleştirmelerinin elastikiyetinde zıvana genişliğinin, moment taşıma kapasitesinde zıvana uzunluğunun etkili olduğu anlaşılmıştır. Sonuç olarak sonlu elemanlar metoduyla yapılan üç boyutlu yapısal analizlerin, sandalyenin genel mukavemeti açısından kabul edilebilir tahmini değerler sağladığı görülmüştür [10].

Kasal, Yüksel, Kılıç, Ergün ve Özcan (2015c); oturma mobilyalarının tasarımında, ergonomik kriterlerin belirlenmesi için bir "insan odaklı ürün geliştirme" yazılımının kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, ürün geliştirme yazılımından alınan veriler, anketlerden alınan veriler ile tutarlı çıkmış, insan odaklı ürün geliştirme yazılımının, tasarlanacak mobilyaların ergonomik olarak belirlenmesinde kullanılabilir olduğu ortaya koyulmuştur [11].

Diler (2013), bu tezinde Türkiye Mobilya Sektöründe üretilen sandalyelerin performanslarının belirlenmesini ve sandalyelerin performanslarına göre sınıflandırılabilmesi için gerekli sayısal veri tabanının oluşturulmasını çalışmıştır. Deney sonuçlarında, sandalye modelleri arasında mukavemet açısından büyük farklılıklar olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, sandalye performans değerleri için zayıf, orta ve yüksek olarak kabul edilebilir tasarım yük değerleri tespit edilmiş ve ALA standardında verilen hafif, orta ve ağır kullanım yükleri ile tutarlı olduğu belirlenmiştir [12].

Eckelman (2003), bu çalışmada mobilya mühendisliğinde son adımın birleştirme noktalarının

tasarlanması olduğunu savunmuştur. Buna göre birleştirme yerlerinin tasarımı aşamasında, her bir birleştirmenin, kullanımı sırasında maruz kalabileceği yükün şiddeti ve tipinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra analizler yapılarak gerekli optimizasyonlar gerçekleştirilmelidir. Sonuç olarak, mobilya birleştirmeleri her zaman bir mobilyanın en zayıf yerleridir [13].

Bu çalışmada, piyasada ticari kaygılar ile üretilip satışa sunulan sandalyeler ile dayanıklılık analizine dayalı olarak eleman boyutları ve birleşme yerleri belirlenmiş ve bu analizin izin verdiği kısımlarda estetiklik optimizasyonu yapılmış tasarım sandalyelerin birbirleri ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu karşılaştırmada belirlenecek temel verilerin endüstriyel tasarımcılar ve üreticiler paylaşarak, sektörde bir optimizasyon sağlanacaktır.

2. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Malzeme (Material)

2.1.1. Ahşap malzeme (Wood material)

Araştırma materyali; deney örneği ve prototip sandalyeleri hazırlanmasında kullanılacak I. Sınıf Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Sapsız meşe (*Quercus petraea* spp.) keresteler Ankara Mobilyacılar Sitesi'nden rastgele

sağlanır ve iyi bir tutuculuk kazanır [14]. Poliüretan tutkalının yoğunluğu 1,1 g/cm³, pH 7 ve viskozitesi 25 °C'de 3300-4000 cP idi. 20 °C'de ve yüzde 65 bağıl nemde 30 dakikada katılaştır. Yapıştırıcının her iki yüzeye de 150 g/m² olarak uygulanır [15].

2.2. Yöntem (Method)

Ahşap sandalye bir oturma mobilyası olduğundan oturma eylemi incelenip oturma eylemi sırasında mobilyanın zorlanma eşikleri belirlenmiştir. Sandalye kullanımı sırasındaki zorlanmalara göre statik analizin kurguları oluşturulmuştur, bu kurgulara göre ve estetiklik sağlayacak şekillendirmeyi hedefleyen (sandalye ana taşıyıcısı olan çerçevenin elemanlarının konikleştirme, eğmeçli olarak şekillendirilmesi gibi hususları) mukavemet analizi ile belirlenip, teorik olarak sandalyenin konstrüksiyonu tayin edilmiştir.

2.2.1. Teorik analiz (Theoretical analysis)

Mühendislik analizleri bakımından, TS EN 1728 [16] ve TS EN 1729-2 [17] standartlarında öngörülen dayanıklılık ve performans özellikleri incelenmiştir. Bu özelliklerin statik analizler yapılmıştır: Böylece, sandalyenin kullanım sırasında veya testler sırasında zorlayıcı iç kuvvetlerin (normal kuvvetler-N, kesme kuvvetleri-T ve momentler-M) sandalyenin hangi kısımlarında yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Statik analizlerde "kesme yöntemi" uygulanmıştır.

Statik analizlerde zorlayıcı iç kuvvetlerin belirlenmesinden sonra, bu kuvvetlere karşılık gelecek

Çizelge 1. Ahşap türlerine ait emniyet gerilmeleri (Safety stresses of wood types)

Ahşap Türü	I. Sınıf Ahşap Malzemelerin Emniyet Gerilmeleri (Kg/cm ²)				
	Eğilme	EMO	Basınç	Kesme	Yapışma
Sarıçam	13	100	110	27	9
Doğu kayını	14	110	120	36	12
Sapsız meşe	14	120	120	36	12
EMO: Eğilmede Elastiklik Modülü					

yöntemle belirlenmiş ve temin edilmiştir. Tedarik ve satın alma sürecinden sonra kerestelerin kaba ölçülerinde (taslak ölçülerde) kesilerek iç gerilmelerinin alınması ve kuruması sağlanmıştır. Kurutma işlemi için kesilmiş taslak parçalar 20°C sıcaklık ve %65 bağıl nem içeren iklimlendirme odasına istif edilerek imalat işleminin başlamasına kadar bekletilmiştir.

2.1.2. Tutkal (Glue)

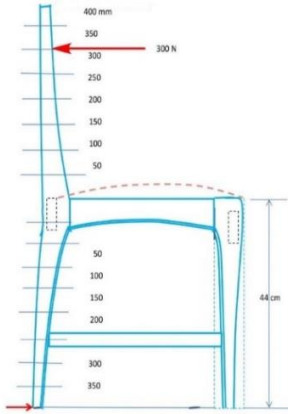
Örnek sandalyelerin üretiminde poliüretan tutkalı kullanılmıştır. Poliüretan tutkalı, uygun izosiyanat ve çift bağılı alkolden elde edilir. Oldukça elastik olup, kaynar suya, kimyasal maddelere, yağlara ve mikroorganizmalara dayanımı mükemmeldir. Ahşap malzemeyi farklı türdeki malzemeler ile yapıştırmak için de idealdir. DIN EN 204 standartlarına göre D4 normundadır. Solvent içermeyen ürün 2 saat preslendikten sonra malzemeyi zımparalanabilir ve tıraşlanabilir hale sokar. 24 saat sonra tam kürlenme

olan sandalye taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırması yapılmıştır. Bu süreçte; çalışmada kullanılacak birinci sınıf Sarıçam, Doğu kayını ve Sapsız meşe'nin emniyet gerilmelerinden yararlanılmıştır (Çizelge 1).

Kesme metodu ile sandalyenin statik analizi (Static analysis of the chair by cutting method)

Teorik analizde sandalye taşıyıcı çerçeve sisteminin ve çerçeve elemanlarında dağılan iç kuvvetler belirlendikten sonra bu kuvvetleri karşılamak üzere gerekli olan eleman en kesitleri (dolu en kesit) mukavemet analizi ile belirlenmiştir. Daha sonra bu elemanlara açılacak kavala deliği ve/veya zıvana yuvası gibi eleman en kesitini zayıflatıcı boşluklar dikkate alınarak, elemanın delik veya zıvana kısmında yeniden boyutlandırma yapılarak, sandalye taşıyıcı çerçeve sisteminin dayanıklılığını

oluşturan birleşme noktalarında gerekli dayanıklılık sağlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Arka ve ön ayakta teorik analize dayalı estetik şekillendirme (Aesthetic shaping on the back and front feet based on theoretical analysis)

Teorik analiz kısmında belirlenen iç kuvvet denklem ve formülleri:

Moment denklemi:

$$(M1 - (303 \cdot X1) = 0 \text{ (Nmm)} \quad (1)$$

Direnç denklemi:

$$\sigma = \frac{M}{W} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2)$$

kullanılarak, Şekil 1'de görülen arka ayak üst ve alt kısmındaki ve ön ayaktaki eğim, kavis ve koniklik, yan kayıtlardaki kavislerin her bir 50 mm'lik kesitlerde yeterlilikleri hesaplanarak sandalyeye estetiklik kazandıran arka-ayak üst kısmı ve alt kısmı kavislerinden oluşan hareketli kısımlar belirlenmiştir. Buna göre, arka ayak kalınlık 25 mm sabit olmak kaydıyla, gerekli eleman en-kesit genişliği (yukarıdan aşağıya doğru) Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Sandalye arka ayak kesim yerlerindeki momente göre gerekli en-kesit (h) ölçüleri (Necessary cross-sectional (h) dimensions according to the moment at the back of the chair)

Kesim yeri (mm)	Moment (Nmm)	Gerekli "h" (mm)	Kesim yeri (mm)	Moment (Nmm)	Gerekli "h" (mm)
300	$M_1 = 15150$	16	150	$M_4 = 60600$	32
250	$M_2 = 30300$	23	100	$M_5 = 75750$	36
200	$M_3 = 45450$	28	50	$M_6 = 90900$	40

Belirlenen en-kesit boyutları insan bel eğrisine paralellik oluşturacak bir kavis üzerine aktarılarak sandalye arka ayak alt ve üst kısmı ve ön ayak bir şablon üzerinde çizilmiş ve böylece estetiklik kazandırılmıştır. Mühendislik hesaplarına göre elemanların birleşme

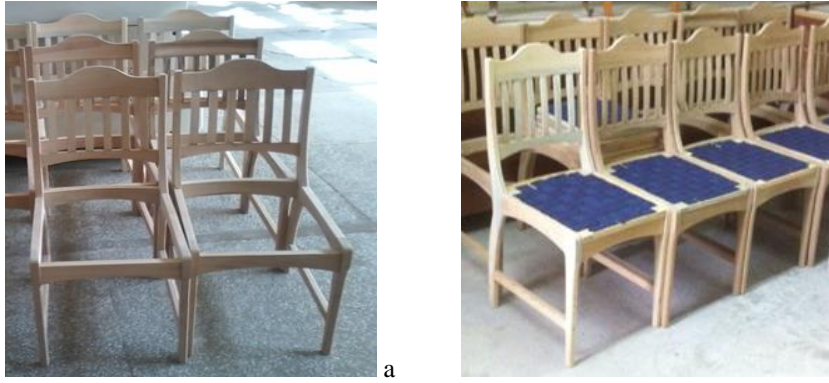
yerlerinin konstrüksiyon tayini yapılmış sonra tasarımı tamamlanan sandalyenin gerçek ölçü ve biçime sahip prototip teknik resmi çizilmiştir.

Statik ve mukavemet analiz süreçlerinde belirlenen eleman en kesit ve birleşme yeri gerekliliklerinin dışında kalan (taşıyıcı sistemde kuvvet ve gerilme yoğunlaşması olmayan) kısımlara estetiklik kazandırmak üzere sanatsal şekillendirme uygulanan sandalyeler tasarlanıp her üç ahşap türünden olmak üzere üretilmiştir.

Bu araştırmada, tasarım sandalyeler ve aynı ahşap türlerinden olmak üzere piyasa şartlarında tasarlanmış ve üretilmiş olan piyasadan temin edilen sandalyeler üzerinde çalışılmıştır. Üretilen tasarım sandalyelerde; sandalye arka ve ön ayaklarında, arkalık elemanında sanatsal estetiklik kazandırılmak üzere şekillendirmede tek bir kavis belirlenerek kullanılmıştır. Tek kavis ve kullanımı kalıp imalatında ve sandalye elemanlarının seri olarak üretiminde zaman ve malzeme tasarrufu sağlamıştır. Bu durum, üretim verimliliği düşünülerek tasarlanmıştır.

2.2.2. Deneysel örneklerinin hazırlanması (Preparation of test samples)

Endüstriyel tasarımı tamamlanmış ve gerçek boyutlarda teknik resmi çizilmiş olan prototip sandalyelerin (her üç ahşap türünden birer adet olmak üzere) öncelikle; kazandırılmış estetiklik biçimine uygun olarak arka ayak, yan kayıt, ön ayak ve arkalık elemanları için üretim kalıpları hazırlanmıştır. Hazırlanan kalıplar yardımcı ile kavisli hatlara sahip arka ve ön ayaklar, yan, ön ve yaslanma yeri kayıtları kaba kesimleri yapılmış, daha sonra kavisli yüzeyler yine kalıplar yardımı ile freze makinesinde gerçek ölçü ve kavise göre temizlenmiştir. Tüm elemanlara delik, zıvana, oluk vb. işlemler açılmış ve sandalyelerin önce ikileme (bir yan taşıyıcı çerçevenin birleştirilmesi) işlemi ve daha sonra dörtleme (ikilenmiş çerçevelerin ara kayıtlar ile birleştirilmesi) işlemi gerçekleştirilmiştir (Resim 1).



Resim 1. Deney için üretilen endüstriyel (a) ve tasarım (b) sandalyeler (manufactured industrial (a) and design (b) chairs for experiments)

İkileme ve dörtleme işlemindeki tutkallama süreçlerinde yapıştırıcı; elemanların hem zıvanasına ve hem de eşlenik kısmına (yuvasına) 150 g/m^2 sürülmüş, sıkıştırma kancası ile (tüm işlemlerde aynı sayıda döndürerek yaklaşık 2 N/mm^2 lik basınçla) preslenmiştir. Sandalyeler presleme işleminde 24 saat bekletilmiştir. Endüstriyel sandalyeler ise üreticiler arasından rastgele yöntemle belirlenmiş üreticiden, yine aynı yöntemle temin edilmiştir.

Bu iki aşamalı sandalye hazırlanma işleminin tamamlanmasından sonra sandalyeler $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm \%5$ bağıl neme sahip iklim şartlarında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir.

2.2.3. Ölçüm ve deney yöntemi uygulamaları (Measurement and test method applications)

Deney örneği Tasarım (3x9 adet çam, meşe ve Doğu kayını) Sandalye ve Endüstriyel (3x9 adet çam, meşe ve Doğu kayını) Sandalyelere standartların (TS EN 1728 [16] ve TS EN 1729-2) [17] ön gördüğü ‘Oturma Yeri ve Arkalık Statik Yük Testi’ ve ‘Diyagonal Sağlamlık Testi’ uygulanmıştır (Resim 2, Resim 3). Önce tüm örnekler 10 mm/dak hız ile oturma yeri ve arkalık testi uygulanmış, daha sonra bir önceki testi başaran örnek

sandalyelere universal test cihazında aynı hız ile diyagonal test uygulanmış ve sandalyelerin taşıyabileceği en büyük kuvvet tespit edilmiştir.

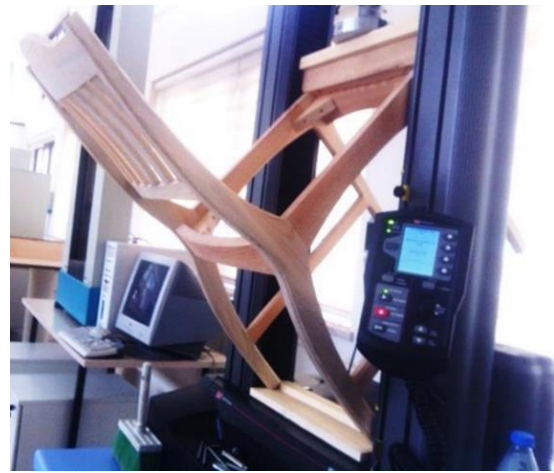
Tasarım Sandalyelerde ve Endüstriyel Sandalyelerde test öncesi ve test sonrası arkalık eğimi ölçüm ve tespitleri yapılarak değerler kaydedilmiştir. Daha sonra bu değerler birbirleri ile karşılaştırılarak, test sırasında birleşme yeri zıvanalarında bir açılma olup olmadığı belirlenmiştir (Resim 4).



Resim 4. Sandalyede arkalık açıklık “a” ölçümü (Backrest clearance “a” measurement in the chair)



Resim 2. Oturma yeri ve arkalık statik yük testi uygulaması (Seating and back rest static load test application)



Resim 3. Diyagonal test uygulaması (Diagonal test application)

TS 9215 [18] standardı diyagonal sağlamlık testinde; sandalye taşıyıcı çerçevesine uygulanacak 800 N'luk kuvvete, herhangi bir deformasyon meydana gelmeden dayanması durumunda, test başarılı sayılmaktadır. Bu durumda, Endüstriyel Sandalyelerde elde edilen maksimum kuvvette zıvanalarda önemli miktarda açılma meydana geldiği için bu standarda göre başarılı sayılmayacağı söylenebilir. Tasarım Sandalyelerde elde edilen maksimum kuvvet 800 N'dan en az 2,5 kat fazla olduğundan ve ancak bu düzeyde zıvana açıklığı az miktarda meydana gelebildiğinden, tasarım sandalyeler 2,5 kat daha sağlamdır denebilir.

2.3. İstatistiksel Değerlendirme (Statistical Evaluation)

Üç ayrı ahşap türü (Sarıçam, Doğu kayını ve sapsız meşe) ve iki tip (Endüstriyel ve Tasarım) sandalyede arkalık ve

arkalık açıklık ölçümü ("a" ölçüsü) değerleri, oturma yeri ve arkalık statik sağlamlık testi sonuçları ve diyagonal sağlamlık testi sonuçları ortalama değerleri hesaplanarak istatistiksel değerlendirme yapılmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Araştırma konusu örnek ve değerlerin sayısı az olduğu için bunlara varyans analizi uygulanmamıştır.

3. BULGULAR (FINDING)

3.1. Arkalık Açıklık Ölçüm Sonuçları (Back Clearance Measurement Results)

Tasarım ve Endüstriyel Sandalyelerde oturma yeri ve arkalık statik sağlamlık testinden önce ve sonra arkalık açıklık ölçümü yapılmış, ölçüm değerleri ve ortalamaları Çizelge 3' de verilmiştir.

Çizelge 3. Sandalye arkalık sağlamlık testinde zıvana açıklık miktarı ve ortalamaları (Amount and average of tenon opening in chair backrest strength test)

Sandalye ve Malzeme Türü	Testten önceki "a ₁ " ölçüsü (mm)	Testten sonraki "a ₂ " ölçüsü (mm)	a ₂ -a ₁ = fark	Arka Ayak zıvana açıklığı (mm)
ES-Çam	84,02	99,62	15,62	6,64
	85,86	96,64	10,78	6,44
	84,66	99,33	14,67	6,62
Ortalama	84,84	98,53	13,69	6,56
ES-Kayın	81,08	90,62	9,54	5,12
	81,14	89,56	8,42	5,06
	82,55	88,52	5,97	5,00
Ortalama	81,59	89,56	7,97	5,06
ES-Meşe	83,12	90,30	7,18	5,44
	82,42	89,32	6,92	5,26
	82,88	93,29	8,41	5,62
Ortalama	82,06	90,97	7,50	5,44
TS-Çam	79,01	80,3	1,31	2,22
	70,04	71,20	1,16	2,46
	79,32	80,63	1,31	2,28
Ortalama	76,12	77,38	1,26	2,32
TS-Kayın	80,15	81,48	1,33	1,22
	79,78	81,10	1,32	1,08
	81,49	82,84	1,35	1,12
Ortalama	80,47	81,81	1,33	1,14
TS-Meşe	81,51	82,86	1,35	1,46
	79,46	80,77	1,31	1,58
	81,49	82,84	1,35	1,46
Ortalama	80,82	82,15	1,34	1,51

Not: ES: Endüstriyel Sandalye, TS: Tasarım Sandalye, Kayın: Doğu kayını

Çizelge 3'e göre, deney öncesi her bir ahşap türü "a" değerleri sandalyelerin montajı sırasındaki orijinal halin değeri olup farklı olarak elde edilmiştir. Endüstriyel sandalyelerden en büyük fark ortalaması çam örnekte 13,69 mm, daha sonra sırasıyla Doğu kayınında 7,97 mm ve meşede 7,50 mm olarak gerçekleşmiştir. Çam örnekte diğer malzemeden örneklere göre iki kat daha fazla açıklık oluşturmuştur. Bu değerler tasarım sandalyede en büyük meşede 1,34 mm, Doğu kayınında 1,33 mm ve çamda 1,26 mm şeklinde olmuştur. Tasarım sandalyedeki deney sonrası açıklık fark değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Tasarım sandalye açıklık ölçüsü farkları endüstriyel sandalyeye göre tüm ahşap örneklerde %9,2 ile %17,8 arasında kalmıştır. Yani tasarım sandalyeler aynı zorlamalar karşısında daha az deforme olmuş, daha fazla kararlılık ve dayanım göstermiştir.

3.2. Diyagonal Sağlamlık Testi ve Ölçüm Sonuçları (Diagonal Strength Test and Measurement Results)

Bu test 6 sandalyeye uygulanmış ve bunlara ait değerler Çizelge 4' de verilmiştir.

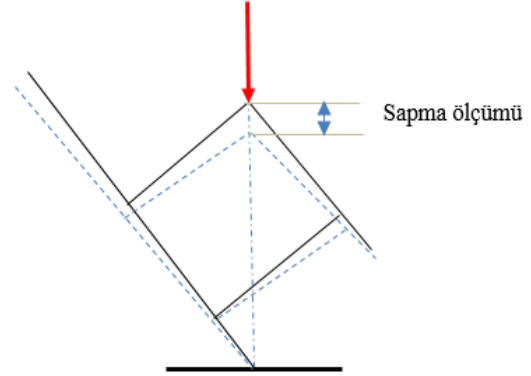
Çizelge 4. Diyagonal sağlamlık deneyi sonuçları (Diagonal strength test results)

Sandalye ve Malzeme Türü	Max. Kuvvet (N)	Max. Sapma (mm)	$\frac{Sapma}{Kuvvet}$
ES-Çam	1594,41	18,25	0,011
ES-Kayın	1586,65	19,95	0,012
ES-Meşe	1049,88	20,68	0,019
TS-Çam	2062,61	19,04	0,009
TS-Kayın	6012,37	34,81	0,005
TS-Meşe	3705,37	15,43	0,004

Çizelge 4'e göre Endüstriyel Sandalyelerin taşıdığı maksimum diyagonal test kuvveti; en büyük Çam Sandalyede 1594,41 N, ikinci sırada Doğu Kayını Sandalyede 1586,65 N ve en küçük Meşe Sandalyede 1049,88 N olarak bulunmuştur. Bu Kuvvetlere karşılık sandalye taşıyıcı çerçevelerinde meydana gelen maksimum sapma (kuvvet karşısında taşıyıcı çerçevenin yamulması) miktarı: en büyük Meşe Sandalyede 20,68 mm, ikinci sırada Doğu Kayını Sandalyede 19,95 mm ve en küçük Çam Sandalyede 18,25 mm olarak tespit edilmiştir.

Endüstriyel sandalyelerde taşıyıcı elemanların kuvvetin etkisi yönündeki atalet momentleri düşük olduğundan

(elemanların genişliği az, kalınlığı fazla); elemanlarda birim kuvvet başına düşen sapma miktarı ters orantılı olarak gerçekleşmiştir. Rijitliği en düşük olan çamda en büyük kuvvet karşısında en küçük sapma (0,011 mm/N birim deformasyon), rijitliği yüksek olan Doğu kayını ve meşede en küçük kuvvet karşısında en büyük sapma (0,012 mm/N ve 0,019 mm/N) meydana gelmiştir. Rijitliği düşük olan çam elemanlar kuvveti yutmuş ve deformasyonu azaltmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Diyagonal Sağlamlık testinde sapma ölçümü
(Deviation measurement in Diagonal Strength test)

Çizelge 4'e göre tasarım sandalyede taşıdığı kuvvete göre sapma miktarı endüstriyel sandalyelere göre yaklaşık on kat daha az olduğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Ahşap Malzeme Bakımından: Testlerin sonucu dikkate alındığında; sandalye yapımında Doğu kayını ve Sapsız meşe çok uygun iken, Sarıçam malzemenin de kullanılabilirliği ortaya çıkmıştır. Ancak, bunun mühendislik hesaplarına göre tasarlanması ile mümkün olabileceği söylenebilir. Bu durum birçok referans çalışma sonucu ile örtüşmektedir (Altunok, 1995- Eckelman, 2003). Çamın yoğunluğu düşük ve tekstürünün kaba olması ve bunlara bağlı olarak yapılaşma direncinin düşük olması sandalye gibi çok devingen kullanılan bir mobilya için ikinci sırada tercih edilmesi önerilebilir.

Sandalye Tipi (endüstriyel-tasarım farklılığı) Bakımından: Tasarım sandalyelerin daha yüksek kuvvete dayanmasının gerekçesi; sandalye taşıyıcı çerçeve elemanlarının zıvana bölgesinde kuvvet tarafından zorlanma yönündeki en-kesitlerinin (25x67mm) mühendislik hesabı gereği endüstriyel sandalyeninkinden (20x50mm) daha büyük olup, taşıyıcı elemanların oluşturduğu atalet momentlerinin daha yüksek (rijiditesinin daha yüksek) olmasından kaynaklandığı söylenebilir (Resim 5). Hâlbuki bu ölçüler piyasa üretiminde rastgele ve kereste minimizasyonu esasına göre takdir edilmektedir.



Resim 5. Endüstriyel ve tasarım sandalyede ayak-kayıt birleştirme ve zıvana farkı (rail to leg joints and tenon difference in industrial and design chairs)

Her iki tip sandalyenin zıvana açıklık ortalamalarının sağlamlık düzeyi endüstriyel sandalyeye/tasarım sandalye oransal ilişkisinde; çam sandalyede 2,8 kat, Doğu kayını sandalyede 4,4 kat ve meşe sandalyede ise 3,6 kat daha sağlam çıkmıştır

Görsellik ve Estetik Bakımından: Piyasadan temin edilen

- Tasarım sandalyede taşıyıcı çerçeveyi oluşturan arka-ayak yan-kayıtlar ve ön-ayak yüzeylerinin kenarına iç kavis profil açılarak geniş yüzeylerdeki yeknesaklık bozulmuş ve paralel çizgisellik oluşturularak, hareketlilik kazandırılmıştır.



Resim 6. Endüstriyel (a) ve tasarım (b) sandalyede görünüşleri (Industrial (a) and design (b) chair views)

endüstriyel sandalyeler ve tasarım sandalyeler görsel olarak incelenip değerlendirildiğinde (Resim 6):

- Endüstriyel sandalyede tüm çizgisel hatlar ve çerçeve elemanları düz, sadece çok az kısmının kavislendirilmiş ve yaslanma eğiminin gereğinden fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum oturan kişinin dikkatinin dağılmasına ve vücudun öne doğru kaymasına sebep olur.
- Tasarım sandalyede tüm çizgisel hatlar ve çerçeve elemanlarının yatay ve düşey düzlemde insan antropometrik ölçü ve biçimine uygun kavis ve eğmeçlerde tasarlanmıştır.

Resim 6'ya göre tüm çizgisel hatlar ve sandalye çerçeve elemanlarının düz, sadece arka ayağın üst kısmının düşey düzlemde gereğinden fazla ve alt kısmının da az eğmeçli olduğu görülmektedir.

Sandalye arka ayak üst kısmının (arkalık) geriye doğru fazla eğik olmasının (Resim 6.a. endüstriyel sandalyede 11,5 cm) önemli iki sakıncasından söz edilebilir. *Bunlardan birisi oturma eylemi bakımından;* yaslanma açısının fazla olacağından, oturan kişinin dikkatinin dağılmasına ve vücudun öne doğru kaymasına sebep olur. *İkincisi konstrüksiyon bakımından;* özellikle masif (tek parça ahşaptan) malzemeden üretilen sandalyede

boyuna liflerin kesintiye uğraması nedeniyle eleman atalet zayıflamasına neden olur.

Tasarım sandalyede (Resim 6.b) arka ayak üst kısmının (arkalık) geriye doğru eğikliği diğeri gibi fazla değil (örnek sandalyede orta eksen üzerinde 7,5 cm) ve söz konusu sakıncaları da ortadan kaldırmıştır.

Bu araştırma, *Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Merkezi* tarafından bir proje kapsamında desteklenerek gerçekleştirilmiştir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Altınok, M., “Mobilya üretiminde endüstriyel tasarım”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1987).
- [2] Altunok, M., “Sandalye tasarımında gerilme analizine göre mukavemet elemanlarının boyutlandırılması”, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (1995).
- [3] Yılmaz, T. ve Güntekin, E., “Sandalye çerçevelerinin sonlu elemanlar analizi”, *Faculty of Forestry Journal*, 13:134-139, (2012).
- [4] Tankut, N. ve Sözen, E., “Metal birleştirme elemanı ve kavelalı birleştirme kullanılarak elde edilen masif sandalye iskeletlerinin yorulma performanslarının belirlenmesi”, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14 (2), 369-381, (2015).
- [5] Likos, E., “Zıvanalı birleştirmelerde kesit formunun sandalye mukavemetine etkisi”, *Doktora Tezi*, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2013).
- [6] Küreli, İ., “Sandalyelerde kullanılan önemli ahşap birleştirmelerin mekanik özellikleri”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1988).
- [7] Güntekin, E., “Ahşap mobilya tasarımında ebatları etkileyen faktörler”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta, (2017).
- [8] Uçmak, U., “Demonte Olarak Üretilmiş Çeşitli Tiplerdeki Ev Sandalyelerinin Mukavemet Özelliklerinin Geliştirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, (2016).
- [9] Aksu, Ö., V., “Kent mobilyaları tasarımında özgün yaklaşımlar”, *Inonu University, Journal of Art and Design*, ISSN: 1309-9876 E-ISSN: 1309-9884 Cilt/Vol. 2 Sayı/No. 6 373-386 Yıllık Özel Sayı/Annual Special Issue , (2012).
- [10] Kuşkun, T., “Zıvana ölçülerinin ve analizi sonuçlarıyla karşılaştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2013).
- [11] Kasal, A., Yüksel, M., Kılıç, H., Ergün, M. E. ve Özcan, C., “Oturma Mobilyası Tasarımında Bilgisayar Destekli Ergonomik Analiz”, *3. Ulusal Mobilya Kongresi*, Konya, (2015).
- [12] Diler, H., “Mühendislik Tasarımı Yaklaşımı ile Farklı Tiplerdeki Ev Sandalyelerinin Mekanik Performanslarının Değerlendirilmesi”, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2013).
- [13] Eckelman, C., A., “Textbook of product engineering and strength design of furniture”, *Text Book*, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, (2003).
- [14] <https://apeltutkal.com/tr/urun/38/apel-marin-tutkali>, (2016).
- [15] <http://www.apeltutkal.com/betakimya.com.tr/>. (Retrieved: 28.01.2019).
- [16] TS EN 1728, “Ev mobilyası-Oturma elemanları-mukavemet ve dayanıklılığın tayini için deney metotları”, (2013).
- [17] TS EN 1729-2, “Mobilya – Eğitim kurumları için sandalyeler ve masalar – Bölüm 2: Emniyet gerekleri ve deney”, (2016).
- [18] TS 9215, “Ahşap mobilya- Mukavemet ve denge deneyleri”, (2005).