



MONOLİTİK ASANSÖR DUVARI TASARIM, ANALİZ VE İMALATI

DESIGN, ANALYSIS, AND MANUFACTURING OF A MONOLITHIC ELEVATOR WALL

DOI:10.20854/bujse.1766063 Ahmet Batuhan Akgül^{1*}, Furkan Yurtsever², Ahmet Zafer Şenalp³

Öz

Bu çalışmada, geleneksel asansör kabini üretim yöntemlerini iyileştirmek amacıyla hafif, düşük maliyetli, kolay ve hızlı üretim imkânı sunan yenilikçi bir monolitik asansör kabini modeli tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında, asansör sistemlerine ait mevcut patentler ve bilimsel yayınlar incelenip özetlenmiş; ayrıca pazar araştırması yapılarak sektördeki ihtiyaç ve talepler belirlenmiştir. Tasarım sürecinde detaylı modelleme ve maliyet analizleri gerçekleştirilmiş, önerilen modelin avantajları ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Yapısal dayanım analizleri Ansys yazılımı ile yapılmış ve elde edilen simülasyon sonuçları, geliştirilen tasarımın geleneksel kabinlere göre daha ekonomik, daha hafif ve üretim açısından daha verimli olduğunu göstermiştir. Bu yönüyle çalışma, sektörde yenilikçi bir çözüm sunmaktadır.

Abstract

An innovative monolithic cabin model has been designed in this study to improve traditional working methods and provide a solution that is light in weight, cost-effective, and quick in manufacturing. In this respect, patent documents and scientific sources on elevator systems were reviewed and summarized. Furthermore, a market analysis was conducted to identify needs and demands of the sector. In this regard, while working on the design, also detailed modeling and cost analyses were carried out and the pros and cons of the proposed model were evaluated. The structural durability has been analyzed using simulation with Ansys software. The findings show that the new design is much more economical, lightweight, and efficient compared to the conventional cabins. Hence, this study provides an ingenious solution for the elevator industry.

Anahtar Kelime: Monolitik Asansör Kabini, Yenilikçi Tasarım, Yapısal Analiz, Hafif Tasarım, Üretim Verimliliği, Maliyet Analizi

Keywords: Monolithic Elevator Cabin, Innovative Design, Structural Analysis, Lightweight Design, Manufacturing Efficiency, Cost Analysis

^{1,*} Sorumlu Yazar: Doğuş Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, abatuhanakgul@gmail.com, orcid.org/0009-0009-2484-3188

² Doğuş Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, furkanyurtsever.fy@gmail.com, orcid id 0009-0002-8078-3756

³ Doğuş Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, azsenalp@dogus.edu.tr, 0000-0001-7608-0076

1. GİRİŞ

Asansör kabinleri, modern binaların ayrılmaz bir parçası olarak, kullanıcı güvenliği, konforu ve verimliliği sağlamak amacıyla sürekli gelişen teknolojilerle üretilmektedir. Geleneksel asansör kabinlerinde her bir duvar hem dayanıklılığı hem de ses ve ısı yalıtımını artırmak amacıyla üç panel ve çift kat sac kullanılarak imal edilir. Bu yapı, asansör güvenliği açısından avantajlar sunsa da kabin ağırlığını ve maliyeti artırmaktadır. Ağırlığın artması, asansörün hareket eden parçalarına ek yük bindirerek enerji tüketimini yükseltmekte, işletme maliyetlerini artırmakta ve çevresel etkiler yaratmaktadır. Bu durum, enerji verimliliğini ön planda tutan ve daha hafif yapı malzemeleri arayan günümüz endüstrisi için önemli bir iyileştirme alanı sunmaktadır.

Bu çalışma, tek panel ve tek kat sacdan oluşan asansör kabin duvarı tasarımı ile geleneksel çoklu panel ve giydirme sac olan yapıya alternatif bir çözüm sunmayı hedeflemektedir. Bu tasarımın amacı, kolay montajlı ve düşük maliyetli, sürdürülebilir, ekonomik ve verimli asansör sistemleri geliştirmektir. Böylelikle hem ilk kurulum maliyetlerinde azalma sağlanacak hem de asansörün montaj ve üretim süreçlerinde tasarruf sağlanacaktır. Geliştirilen bu proje, özellikle yüksek adetli projelerde ve uzun süreçte maliyeti, hammadde kullanımını ve üretim süreci maliyetlerini optimize etmeyi amaçlamaktadır.

2. SEKTÖREL LİTERATÜR İNCELEMESİ

Asansör sistemleri üzerine yürütülen akademik çalışmalar, günümüzde yalnızca taşıma işlevine odaklanmanın ötesine geçerek yapısal güvenlik, titreşim konforu, enerji verimliliği ve yenilikçi tasarım yaklaşımlarını bütüncül bir çerçevede ele almaktadır. Literatür incelendiğinde, özellikle kılavuz ray-kabin etkileşimi, yapısal dayanım, kullanıcı güvenliği ve geleceğe yönelik sistem mimarileri ön plana çıkmaktadır.

Titreşim ve konfor odaklı çalışmalarda, kılavuz ray deformasyonlarının asansör kabini üzerindeki dinamik etkileri kritik bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. Akyüz ve Özdemir (2021) tarafından yapılan çalışmada, raylardaki geometrik bozuklukların kabin titreşimlerini doğrudan etkilediği, özellikle kritik hız eşiğinin aşılması durumunda titreşim genliklerinin belirgin şekilde arttığı ortaya konulmuştur. Bu bulgular, yolcu konforunun yanı sıra uzun vadede mekanik bileşenlerde oluşabilecek yorulma hasarları açısından da önemli sonuçlar doğurmaktadır. Benzer şekilde, kılavuz raylarda oluşan gerilmelerin dağılımını ele alan Demirtaş (2020), farklı kabin konumlarının raylar üzerindeki yük aktarımını önemli ölçüde değiştirdiğini göstermiş ve merkezden kılavuzlamalı sistemlerin daha dengeli bir gerilme dağılımı sağladığını ortaya koymuştur. Bu tür yapısal analizler hem tasarım aşamasında hem de işletme sürecinde güvenliğin artırılmasına yönelik önemli mühendislik girdileri sunmaktadır.

Güvenlik odaklı çalışmalar incelendiğinde, yalnızca taşıyıcı sistemlerin değil, kabin çevresel bileşenlerinin de önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Kurt ve Kalkan (2022) tarafından geliştirilen teleskobik asansör kabin güvenlik kapısı tasarımı, iki yöne açılabilen mekanizması sayesinde montaj ve üretim süreçlerinde kolaylık sağlarken, kullanıcı güvenliğini artırmayı hedeflemektedir. Bununla birlikte, Yıldız ve Kaya'nın (2019) epidemiyolojik çalışması, yapısal hasar kaynaklı asansör kazalarının insan sağlığı üzerindeki ciddi etkilerini ortaya koymuş ve mevcut güvenlik sistemlerinin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu çalışmalar, mühendislik tasarımlarının yalnızca teorik dayanım hesaplarıyla değil, gerçek kullanım

senaryoları ve insan faktörü dikkate alınarak ele alınmasının gerekliliğini açıkça göstermektedir.

Üretim ve montaj süreçlerine yönelik araştırmalar, tasarım etkinliğinin artırılması açısından önemli katkılar sunmaktadır. Şahin (2021), Montaj İçin Tasarım (DFA) yaklaşımını kullanarak parça sayısının azaltılmasının üretim süresini kısalttığını ve sistem güvenilirliğini artırdığını ortaya koymuştur. Bu yaklaşım, asansör sistemlerinin seri üretiminde maliyet, kalite ve montaj hatalarının azaltılması açısından önemli bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Enerji verimliliği ise güncel literatürde giderek artan bir öneme sahiptir. Doğan (2023) tarafından yapılan çalışmada, enerji geri kazanım sistemleri, kompakt mekanik tasarımlar ve gelişmiş kontrol algoritmaları sayesinde asansörlerin toplam enerji tüketiminde anlamlı düşüşler sağlandığı belirtilmiştir. Bu tür çalışmalar, sürdürülebilir bina teknolojileri kapsamında asansör sistemlerinin çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik önemli bir perspektif sunmaktadır.

Kullanıcı odaklı ve akıllı sistemler üzerine yapılan araştırmalar, asansör tasarımında yeni bir boyut kazandırmaktadır. Ergün ve Çelik (2021), akıllı asansörlerde yolcu davranışlarını analiz ederek, kabin içi yerleşim, kontrol paneli tasarımı ve yönlendirme sistemlerinin kullanıcı deneyimini doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur. Bu tür veriler, insan-makine etkileşimini merkezine alan modern asansör tasarımları için önemli bir referans niteliği taşımaktadır.

Geleceğe yönelik yenilikçi yaklaşımlar incelendiğinde, halatsız ve çok kabinli sistemler dikkat çekmektedir. Koç ve Taner (2020) tarafından önerilen halatsız çok kabinli asansör sistemi, dikey ve yatay taşımayı bir araya getirerek yüksek yapılarda alan kullanımını optimize etmeyi amaçlamaktadır. Benzer şekilde, Uzun (2021) tarafından ele alınan süspansiyonsuz asansör kabini tasarımı, daha hafif ve verimli yapılar geliştirilmesine olanak tanıyarak geleneksel sistemlere alternatif çözümler sunmaktadır.

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan detaylı yapısal analizler, literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Çakır ve Bozkurt (2022), 1600 kg kapasiteli bir asansör kabin iskeletini ANSYS ortamında analiz ederek, farklı yükleme koşulları altında oluşan gerilme ve deformasyonları incelemiş ve yapısal iyileştirmelere yönelik somut öneriler sunmuştur. Bu tür çalışmalar, teorik tasarım ile gerçek çalışma koşulları arasındaki farkların ortaya konulması açısından büyük önem taşımaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, literatürdeki çalışmalar asansör sistemlerinin yalnızca mekanik dayanım açısından değil; konfor, güvenlik, enerji verimliliği, üretilebilirlik ve kullanıcı deneyimi gibi çok boyutlu kriterler çerçevesinde ele alındığını göstermektedir. Bu bütüncül yaklaşım, gelecekte geliştirilecek asansör sistemleri için hem akademik hem de endüstriyel açıdan güçlü bir temel oluşturmaktadır.

3. SEKTÖREL PATENT ARAŞTIRMASI

Kendi kendine çalışan ve enerji geri kazanımı odaklı asansör sistemleri, son yıllarda hem sürdürülebilirlik hem de sistem güvenliği açısından literatürde giderek daha fazla yer bulmaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar, asansörlerin yalnızca enerji tüketen sistemler olmaktan çıkarılarak, hareket sırasında açığa çıkan enerjinin yeniden değerlendirildiği bütüncül yapılar hâline dönüştürülmesini hedeflemektedir.

Lotfi ve Donath (2017) tarafından önerilen kendi kendine çalışan asansör sistemi tasarımı, kabin hareketi sırasında ortaya çıkan kinetik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesine dayanmaktadır. Elde edilen enerji özellikle kabin içi aydınlatma ve havalandırma sistemlerinde kullanılarak dış enerji ihtiyacını azaltmaktadır. Bu yaklaşım, enerji verimliliğinin yanı sıra, enerji kesintileri sırasında acil durum sistemlerinin çalışmaya devam edebilmesini sağlaması açısından da kritik bir avantaj sunmaktadır. Böylece asansör sistemleri, pasif bir tüketici olmaktan çıkarak kısmen kendi kendine yetebilen bir yapıya kavuşmaktadır.

Endüstriyel uygulamalar açısından değerlendirildiğinde, Thyssenkrupp AG tarafından geliştirilen ve Lovric (2019) tarafından raporlanan frenleme cihazı patenti, güvenlik ve dayanıklılık odaklı önemli bir yenilik olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemde, kabin yüküne bağlı olarak frenleme kuvveti otomatik biçimde ayarlanmakta, böylece ani duruşlar sırasında oluşabilecek mekanik zorlanmalar minimize edilmektedir. Frenleme mesafesi ve gecikme süresinin optimize edilmesi hem yolcu güvenliğini artırmakta hem de sistem bileşenlerinin ömrünü uzatarak bakım gereksinimlerini azaltmaktadır.

Enerji geri kazanımına farklı bir bakış açısı getiren Ciano ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında ise, asansör kabininin hareketi sırasında oluşan hava akımının bir jeneratör sistemi aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesi önerilmektedir. Bu yaklaşım, teorik olarak enerji verimliliğini artırma potansiyeline sahip olmakla birlikte, sistemin kurulum karmaşıklığı ve ek maliyetleri nedeniyle pratik uygulamalar açısından dikkatli bir değerlendirme gerektirmektedir. Buna rağmen çalışma, asansör sistemlerinde alternatif enerji toplama yöntemlerinin araştırılması açısından önemli bir katkı sunmaktadır.

Yapısal güvenlik ve yolcu konforu odağında geliştirilen bir diğer yenilikçi yaklaşım ise Vishal (2024) tarafından önerilen patentte ele alınmaktadır. Bu çalışmada, asansörün inişi sırasında kabin üzerindeki yüklerin sistemde oluşturduğu yapısal gerilimlerin ve mekanik titreşimlerin yolcu konforunu olumsuz etkilediği vurgulanmıştır. Önerilen çözümde, kabinin üst kısmına entegre edilen özel bir süspansiyon düzeneği ile bu gerilimler azaltılmakta, titreşim seviyeleri düşürülerek hem yapı güvenliği artırılmakta hem de uzun vadede bakım maliyetleri azaltılmaktadır.

Genel olarak bu çalışmalar, asansör sistemlerinin enerji verimliliği, güvenlik ve konfor ekseninde yeniden ele alındığını göstermektedir. Enerji geri kazanımı, akıllı frenleme ve gelişmiş süspansiyon çözümleri, geleceğin asansör sistemlerinde hem sürdürülebilirlik hem de kullanıcı deneyimi açısından belirleyici unsurlar olarak öne çıkmaktadır.

4. YÖNTEM

Bu çalışmada, geleneksel çok parçalı asansör kabin tasarımlarına alternatif olarak geliştirilen monolitik duvarlı asansör kabininin yapısal davranışı sayısal yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Çalışmanın temel amacı, monolitik asansör kabininin yapısının taşıma kapasitesi, gerilme dağılımı ve deformasyon karakteristiklerinin değerlendirilmesi ve geleneksel tasarımlar ile karşılaştırılabilir bir yapısal güvenlik seviyesinin sağlanıp sağlanmadığının ortaya konulmasıdır.

Öncelikle monolitik asansör kabineine ait geometrik model, endüstride yaygın olarak kullanılan kabin ölçüleri esas alınarak üç boyutlu olarak oluşturulmuştur. Modelleme sürecinde kabin tabanı, yan duvarlar ve tavan tek bir bütünsel yapı olarak ele alınmış, kaynaklı veya civatalı birleşim detayları modele dahil edilmemiştir. Bu yaklaşım, tek parça

üretimin yapısal süreklilik üzerindeki etkisini net bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla tercih edilmiştir.

Oluşturulan geometrik model, sonlu elemanlar analizleri için ANSYS Mechanical yazılımına aktarılmıştır. Analizlerde mekanik analiz tercih edilmiş ve eleman tipi ile eleman derecesi program kontrolüne bırakılmıştır. Model genelinde yaklaşık 25 mm eleman boyutuna sahip bir ağ yapısı oluşturulmuş, süpürülebilir geometrilerde sweep mesh yöntemi, sac karakterli yüzeylerde ise quad-dominant mesh kullanılarak daha düzenli ve kararlı bir ağ yapısı elde edilmiştir. Bu mesh yapısı, sonuç doğruluğu ile hesaplama maliyeti arasında dengeli bir çözüm sunacak şekilde belirlenmiştir.

Malzeme özellikleri olarak, asansör kabin imalatında yaygın biçimde kullanılan yapısal çelik esas alınmıştır. Malzemeye ait elastisite modülü, Poisson oranı ve akma dayanımı gibi mekanik özellikler analiz ortamına tanımlanmıştır. Analizler elastik sınırlar içerisinde gerçekleştirilmiş olup, malzeme doğrusal elastik kabul edilmiştir.

Sınır şartları tanımlanırken, kabinin ana taşıyıcısı olan kabin süspansiyonuna temas eden bölgeleri referans alınmıştır. Bu bölgelerde uygun şekilde kısıtlamalar uygulanarak gerçek çalışma koşulları temsil edilmeye çalışılmıştır. Yükleme durumu olarak ise, nominal taşıma kapasitesine karşılık gelen eşdeğer yayılı yük kabin tabanına uygulanmıştır. Buna ek olarak, kabin kendi ağırlığı da analizlere dahil edilmiştir.

Sonlu elemanlar analizi sonucunda, kabin üzerinde oluşan eşdeğer Von Mises gerilmeleri ve toplam deformasyon değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, malzemenin izin verilen gerilme sınırları ile karşılaştırılarak yapısal güvenlik açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca deformasyon dağılımları incelenerek kabin rijitliği ve olası zayıf bölgeler tespit edilmiştir.

Bu yöntemsel yaklaşım sayesinde, tek parça asansör kabini tasarımının yapısal performansı nicel olarak ortaya konulmuş ve geleneksel çok parçalı kabin tasarımlarına alternatif olabilecek bir çözüm sunup sunmadığı değerlendirilmiştir.

5. GELENEKSEL VE MONOLİTİK ASANSÖR KABİNİ TASARIMLARININ KARŞILAŞTIRMASI

Asansör kabinlerinin üretiminde geleneksel yöntemler ile monolitik tasarımlar arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Geleneksel kabin tasarımlarında genellikle MDF üzerine giydirilmiş galvaniz sac malzemesi kullanılmaktadır. Bu yapı malzemesi, yüksek duvar mukavemeti sağlamakla birlikte, birtakım önemli dezavantajlara da sahiptir. Öncelikle üretim ve montaj süreci oldukça uzun ve işçilik yoğun olup maliyetleri artırmaktadır. Ayrıca bu üretim yöntemi, yüksek fire oranı ve ağır yapıdan kaynaklı taşıyıcı sistemlere ek yük getirmesi gibi sorunlara yol açmaktadır. Galvaniz sacın sınırlı korozyon direnci, zamanla yapının dayanıklılığını azaltmakta ve bakım ihtiyacını artırmaktadır. Bu durum, enerji tüketimini de olumsuz yönde etkilemektedir.

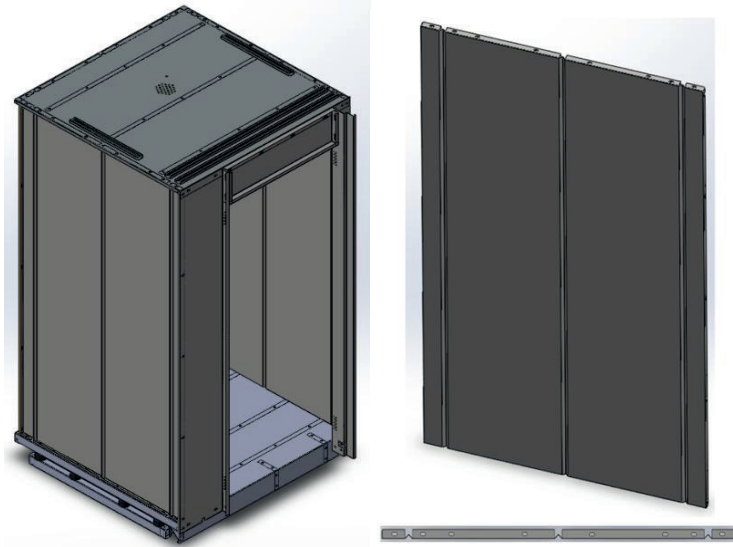
Monolitik olarak geliştirilen kabin tasarımı ise, bu dezavantajlara çözüm getirecek şekilde yapılandırılmıştır. Bu tasarımda yapı malzemesi olarak 3 adet 1,2 mm kalınlığında paslanmaz sac kullanılmaktadır. Her bir duvarda bulunan iki adet V formunda iç büküm, yapısal mukavemeti artırmaktadır. Kabin duvarları gönyelenerek birleştirilmekte, ardından taban ve tavan eklenmektedir. Bu sadeleştirilmiş üretim yöntemi sayesinde üretim süreci hem daha hızlı hem de daha düşük maliyetli hale gelmektedir.

Monolitik kabin tasarımının avantajları arasında montaj kolaylığı, düşük fire oranı, hafif yapı sayesinde taşıyıcı sistem ömrünün uzaması ve enerji verimliliğinin artması yer almaktadır. Ayrıca kullanılan paslanmaz sac, yüksek korozyon direnci sağlayarak yapının uzun ömürlü olmasına katkı sunmaktadır.

Sonuç olarak, monolitik asansör kabini tasarımı; üretim, montaj, maliyet, dayanıklılık ve enerji verimliliği açısından geleneksel sistemlere göre önemli üstünlükler sunmakta, sektörde yenilikçi ve sürdürülebilir bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 1: Karşılaştırma tablosu

Özellik	Geleneksel Kabin	Yeni Tasarım Kabin
Malzeme	MDF + Galvaniz Sac	Paslanmaz Sac (1,2 mm)
Üretim Süresi	Uzun	Kısa
Montaj Zorluğu	Yüksek	Düşük
Fire Oranı	Yüksek	Düşük
Korozyon Direnci	Düşük (galvaniz sac)	Yüksek (paslanmaz sac)
Duvar Mukavemeti	Yüksek (gereğinden fazla)	Yeterli (V bükümle desteklenmiş)
Ağırlık	Fazla	Hafif
Makine Yüğü	Fazla	Az

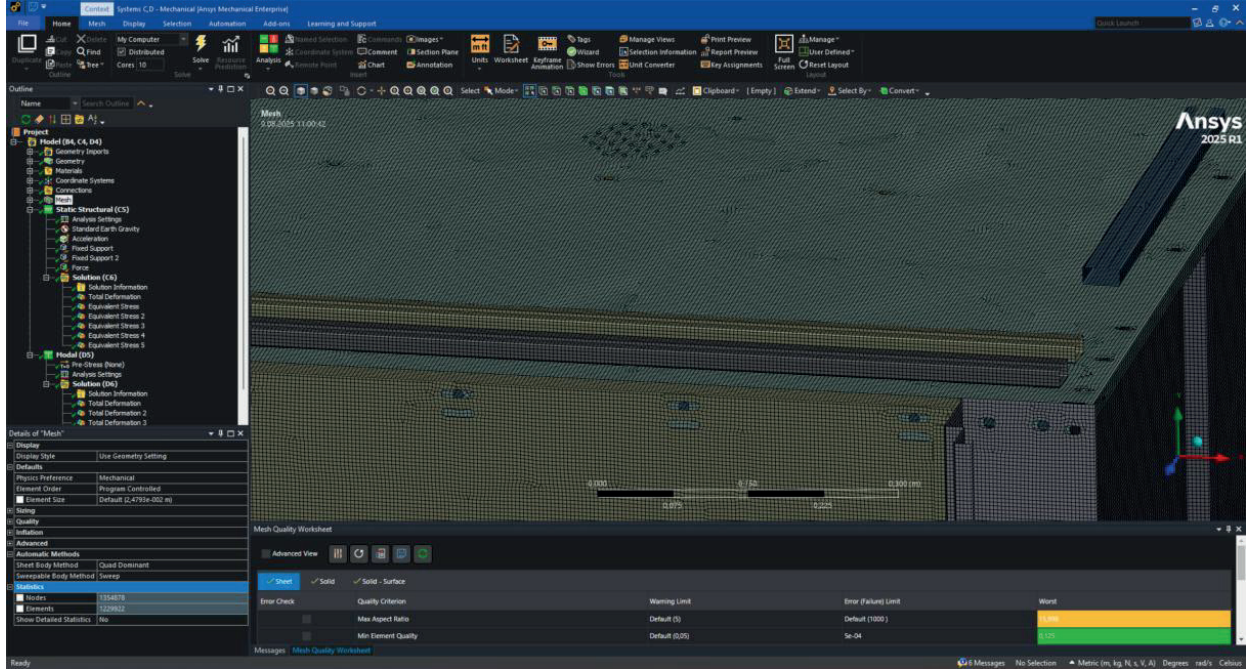


Şekil 1: Tasarımın Katı Model Görüntüleri

6. SONLU ELEMENLAR MODELİ

6.1 Sonlu Eleman Ağı

Oluşturulan ağlarla ilgili tüm istatistikler tablo 2'de sunulmuştur. Tüm eleman türleri için ağ görünümü, Şekil 2'te verilenle aynı formdadır.



Şekil 2: Ağ yapısı

Details of "Mesh"	
Display	
Display Style	Use Geometry Setting
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
Element Size	Default (2,4793e-002 m)
Sizing	
Quality	
Inflation	
Advanced	
Automatic Methods	
Sheet Body Method	Quad Dominant
Sweepable Body Method	Sweep
Statistics	
Nodes	1354878
Elements	1229922
Show Detailed Statistics	No

Şekil 3: Tüm parçalar için düğüm sayısı

Bu şekilde de görüldüğü üzere, ANSYS Mechanical ortamında modele, mekanik analizlere uygun olacak şekilde otomatik bir sonlu eleman ağı (mesh) atanmıştır. Eleman derecesi ve ağ oluşturma yöntemi program kontrolüne bırakılmış, yaklaşık 25 mm'lik varsayılan eleman boyutu kullanılarak tüm geometri için homojen bir mesh elde edilmiştir. Süpürülebilir hacimlerde sweep yöntemi, sac ve ince geometrilerde ise quad-dominant mesh tercih edilerek daha düzenli ve analiz açısından kararlı bir ağ yapısı oluşturulmuştur. Sonuç olarak

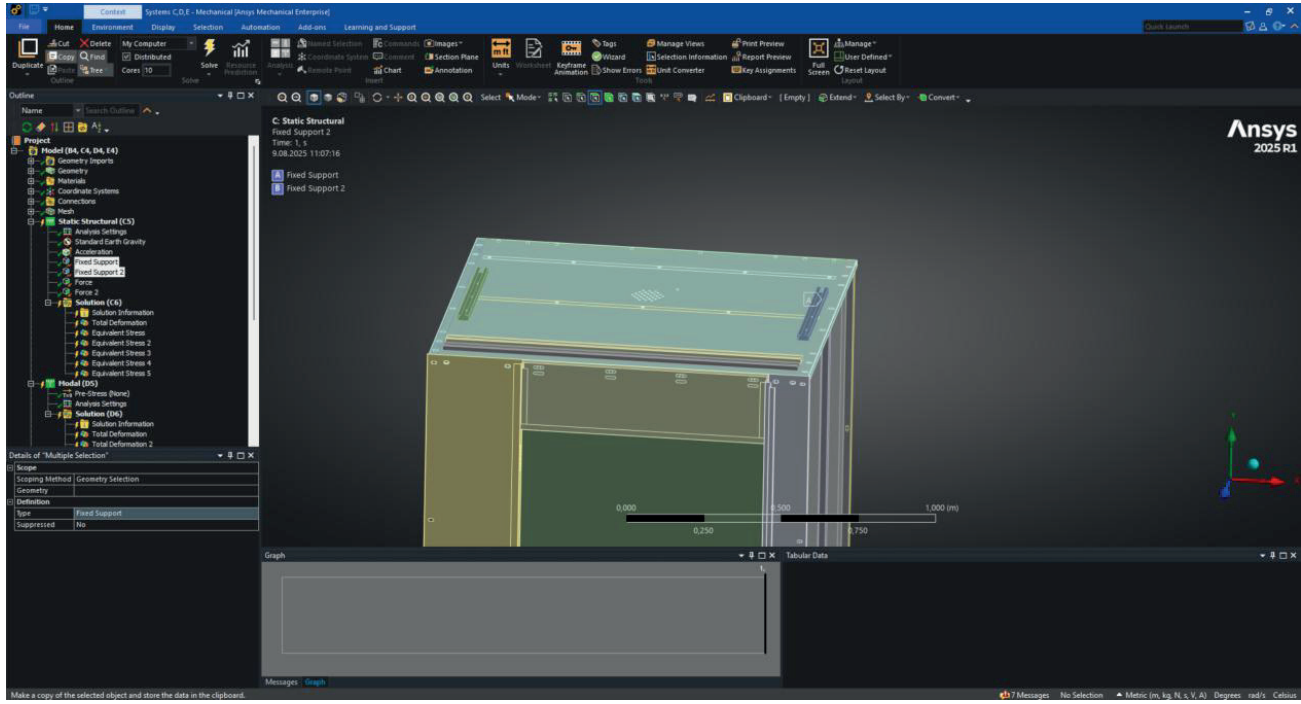
model yaklaşık 1,23 milyon eleman ve 135 bin düğüm içeren, hesap doğruluğu yüksek ancak çözüm süresi ve donanım gereksinimi görece fazla olan detaylı bir mesh ile analize hazır hale getirilmiştir.

6.2 Malzeme Özellikleri

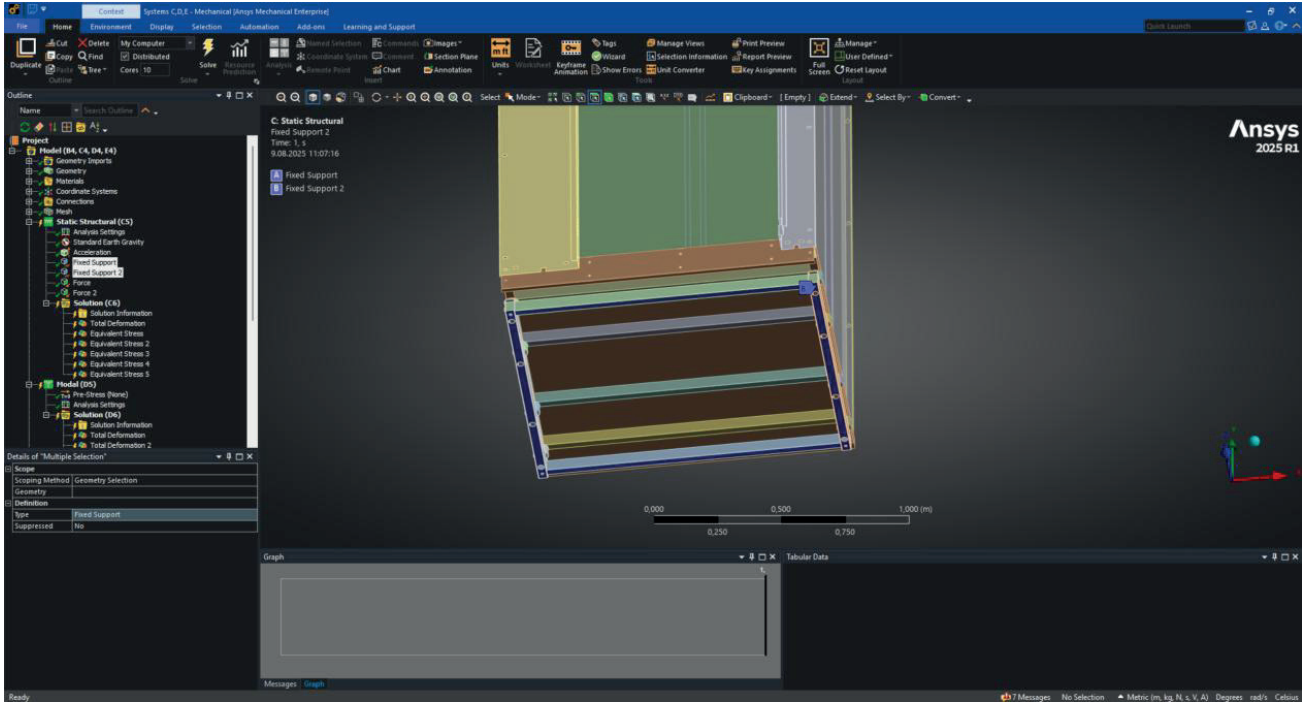
Tablo 2: Tüm parçalar için malzeme özellikleri

Malzeme	Yoğunluk (kg/m ³)	Poisson Oranı	Young Modülü (MPa)	Akma Dayanımı (MPa)	Maksimum Çekme Dayanımı (MPa)
Doğal Kauçuk	940	0,49	4	24,25	24,25
Galvanizli Çelik	7850	0,3	200000	250	350
Paslanmaz Çelik	7750	0,31	193000	207	586
Yapısal Çelik	7850	0,3	200000	250	460

6.3 Sınır Koşulları



Şekil 4: Sınır Koşulları-1

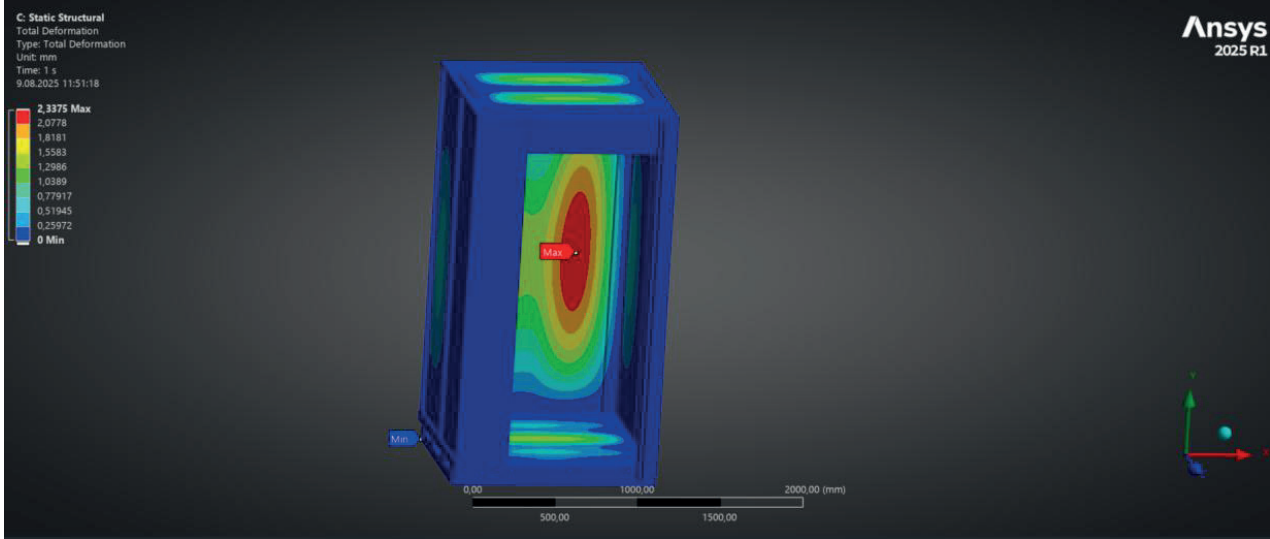


Şekil 5: Sınır Koşulları-2

Şekil 4 ve 5’de sunulan görsellerde, yapılan ANSYS analizinin sınır koşulları gösterilmiştir. Bu sınır koşulları, kabinin en alt ve en üstte bulunan kabinin süspansiyona tutunduğu bölgeler olarak belirlenmiştir.

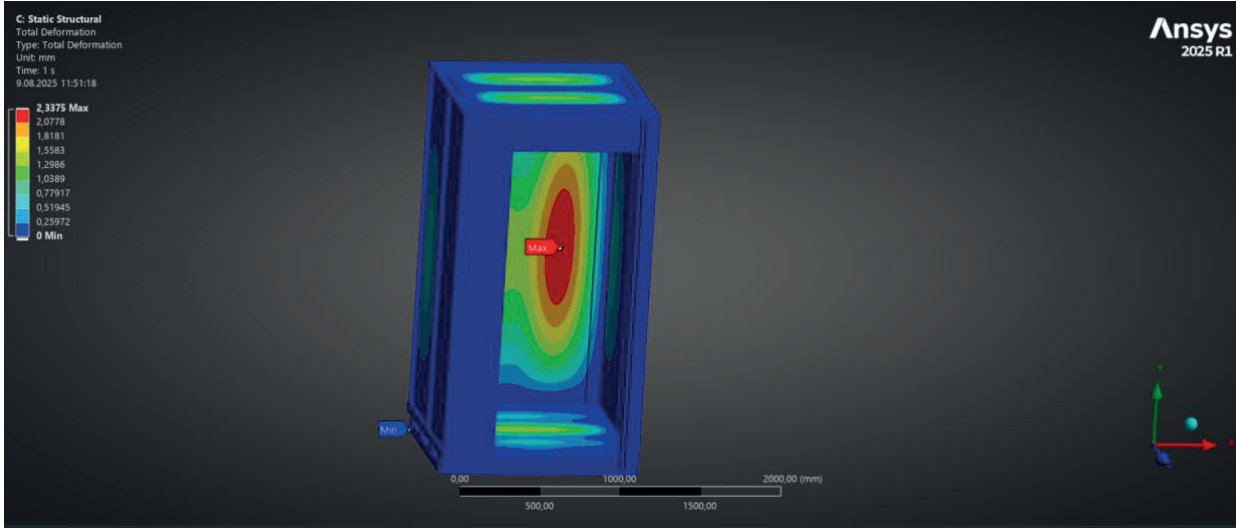
7. ANALİZ SONUÇLARI

Bu bölümde sayısal ve deneysel sonuçların karşılaştırılması sunulmuştur.



Şekil 6: Toplam deformasyon

Analiz sonucunda asansör kabininin maksimum toplam deformasyonu **2,34 mm** olarak hesaplanmıştır. Bu değer, asansör kabinleri için kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer almakta olup, yük altında dahi kabinin yapısal bütünlüğünü koruyabileceğini ve güvenli bir şekilde işlevini sürdürebileceğini göstermektedir. Deformasyonun kabinin merkezinde yoğunlaşması ve kenarlara doğru azalması, tasarımın yükleri doğru şekilde dağıttığını ve rijitlik açısından dengeli bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

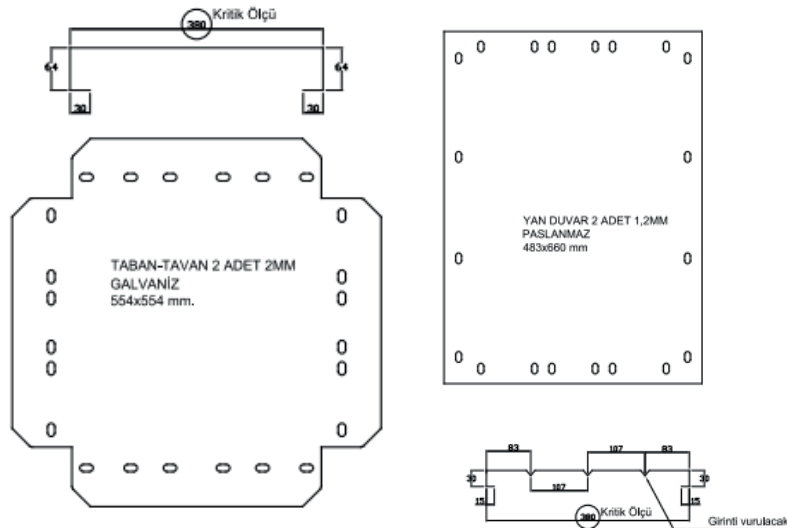


Şekil 7: Eşdeğer gerilme dağılımı

Analiz sonucunda asansör kabininde maksimum eşdeğer (von-Mises) gerilme değeri **103,41 MPa** olarak hesaplanmıştır. Bu değer, kullanılan malzemenin akma dayanımının oldukça altında olup güvenlik katsayısının yeterli seviyede olduğunu göstermektedir. Gerilmenin, taban bölgesinde ve yükün yoğunlaştığı alanlarda maksimuma ulaşması, yük aktarımının beklenen şekilde gerçekleştiğini ve tasarımın yapısal olarak güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.

8. MODEL ve PROTOTİP ÜRETİM SÜRECİ

Model üretimi sürecinde ilgili ürünün $\frac{1}{4}$ oranında küçültülen katı modeli kullanılarak üretim gerçekleştirilmiştir. Ürün; taban, tavan ve üç duvar şeklinde üretilip, Kabinin taban iç bölgesine binmesi gereken duvarın alt ve üst bölümü, taban ve taban bölümlerinin dışına monte edilecek şekilde tasarlanmıştır.



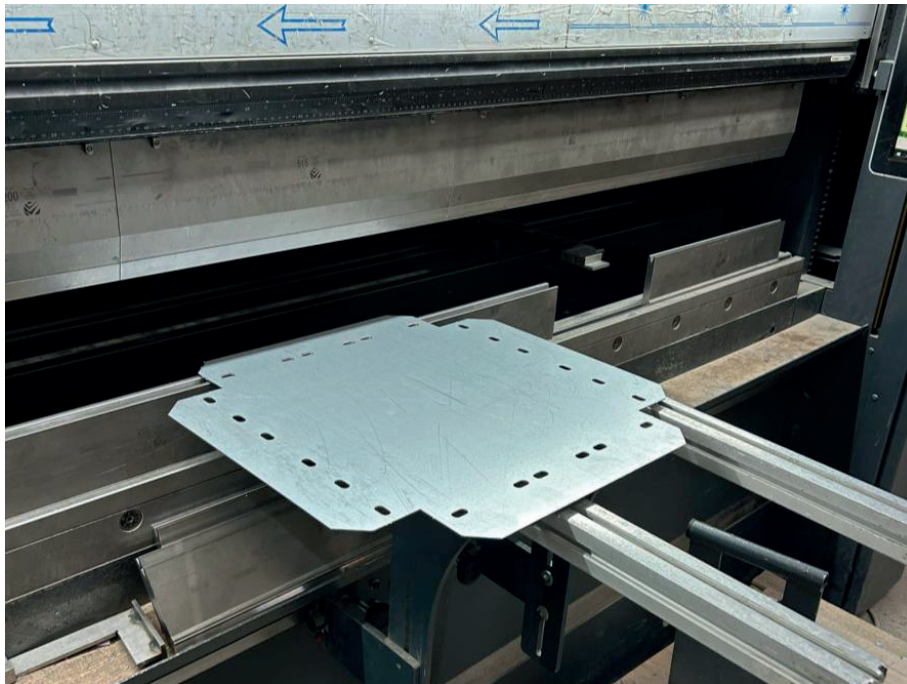
Şekil 8: Model üretimi için iş emri ve teknik resim

Ürün tasarımında taşınması gereken yükü, modelleme ve benzeşim prensiplerine göre; $\frac{1}{64}$ olarak hesaplanmıştır. Bu oran; L = uzunluk, L^2 = alan, L^3 = hacim üzerinden ilerleyerek, kuvvetin $\frac{1}{n^3}$ şeklinde küçültülmesi şeklinde yapılmaktadır.

Bir asansör kabininin üst bölümünde yönetmeliğe göre (TSE EN-84-20); iki teknisyenin rahatça çalışabilmesi yani; kabin duvar ve tavanının bu iki kişilik yükü taşıması gerekmektedir. Asansör imalat ve montajında emniyet faktörü 8-12 arasında alınmaktadır. Buna göre; kabinin taşınması gereken maksimum yük; $80 \times 2 \times 10 = 1600 \text{ kg}$ 'dır. Fakat modelleme ve benzeşim teoremlerine göre; kabin tasarımı $\frac{1}{4}$ oranında küçüldüğünden, bu durum taşınması gereken yükün model için $\frac{1}{64}$ oranında olması gerektiğini gösterir. Bu durumda üretimi yapılan prototipin; $1600/64 = 25 \text{ kg}$ yükü taşıması gerekmektedir.



Şekil 9: Duvar, taban ve tavan saclarının PUNCH ile işlenmesi



Şekil 10: Duvar, taban ve tavan saclarının ABKANT büküm makinesi ile işlenmesi



Şekil 11: Duvar, taban ve tavan saclarının ABKANT büküm makinesi ile işlenmesi

Üretim sonrası yapılan fiziki testlerde; prototipin 25 kg bir yükü çok rahat bir şekilde taşıdığı, herhangi bir plastik deformasyona veya standartların dışında bir plastik deformasyona uğramadığı gözlemlenmiştir. Bu yapılan modelleme, prototip çalışmasında ürünün istenilen bütün fiziki şartları sağladığı gözlemlenmiştir.



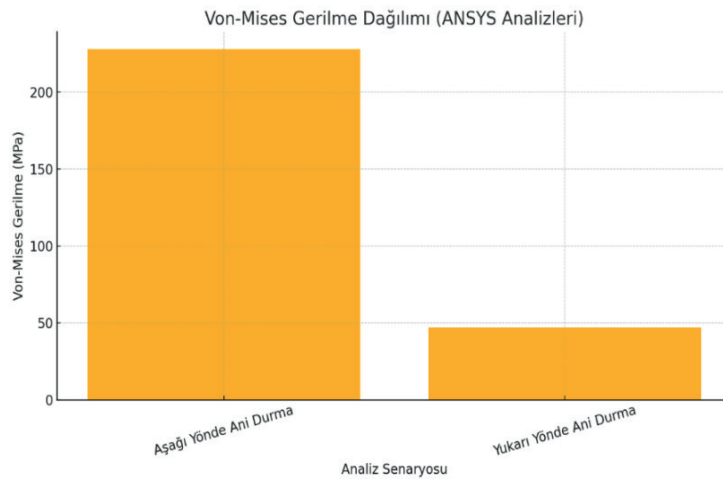
Şekil 12: Üretilen modelin montaj edilmiş hali.



Şekil 13: Ürünün gerçek ölçülerde üretilmiş hali.

Yukarıdaki şekilde ürünün gerçek ölçülerde, 630 kg bir asansör için üretilmiş halini görülmektedir. Üretilen bu ürün şu anda yurt dışında seri bir şekilde üretilip montajı yapılmaktadır. Gerçek ölçülerde üretilen bu ürün; TSE'nin belirttiği mukavemet durumlarını fazlasıyla karşılamakta ve fiziki testlerden de başarıyla çıkmaktadır. Bundan sonraki süreçte görseldeki ürünün; farklı boyutlardaki üretimi, malzeme geliştirmesi gibi birçok konuda AR-GE'sine devam edilecektir.

Bu proje, geleneksel çok panelli – çift kat saclı kabinler yerine **tek panel – tek kat sac** kullanan yenilikçi bir asansör kabini tasarlamayı amaçlamıştır. 2 g'lık aşağı (3,3 mm deformasyon, 228 MPa gerilme) ve yukarı (2,4 mm deformasyon, 47 MPa gerilme) ani durma testlerinde şekil değiştirmeler kapı-kuyu toleranslarını aşmamış, gerilmeler akma sınırlarının altında kalmış, titreşimde rezonans görülmemiştir. Analizler, yeni tek panel tasarımının yapısal olarak **güvenli, dayanıklı ve uzun ömürlü** olduğunu doğrular.



Grafik 1: Maksimum durumlardaki Von-Mises gerilme dağılımı

Şekilde sunulan Von-Mises gerilme dağılımı grafiği, tek parça asansör kabininin farklı ani durma senaryoları altında sergilediği yapısal davranışı karşılaştırmalı olarak ortaya koymaktadır. Grafik incelendiğinde, aşağı yönde ani durma durumunda oluşan eşdeğer gerilme değerlerinin, yukarı yönde ani durma senaryosuna kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, kabinin aşağı hareket sırasında hem kendi ağırlığı hem de taşınan yükün etkisiyle daha yüksek atalet kuvvetlerine maruz kalmasından kaynaklanmaktadır.

Aşağı yönde ani durma senaryosunda yaklaşık 220 MPa seviyelerine ulaşan Von Mises gerilmeleri, yapının en kritik çalışma koşullarından birini temsil etmektedir. Buna karşılık, yukarı yönde ani durma durumunda elde edilen yaklaşık 50 MPa seviyesindeki gerilmeler, kabin yapısının bu senaryo altında daha düşük zorlanmalara maruz kaldığını göstermektedir. Bu fark, yük yönü ile ivme etkilerinin aynı doğrultuda veya zıt doğrultuda olmasının yapısal gerilme seviyeleri üzerinde ne denli belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Elde edilen sonuçlar, tek parça asansör kabini tasarımında en kritik durumun aşağı yönde ani durma senaryosu olduğunu açıkça göstermektedir. Bununla birlikte, maksimum gerilme değerlerinin kullanılan yapısal çeliğin akma dayanımı sınırları içerisinde kaldığı görülmekte olup, kabin tasarımının bu olumsuz senaryo altında dahi yapısal bütünlüğünü koruduğu söylenebilir. Bu bulgular, tek parça kabin tasarımının güvenlik açısından uygulanabilir olduğunu ve özellikle dinamik yükleme koşulları altında yeterli dayanımı sağladığını göstermektedir.

9. MALİYET ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Tablo 3: Tüm tasarımların maliyet ve üretim süresi analizi

Kabin Tipi	İşçilik Süresi	Toplam Maliyet
GELENEKSEL	15,6 Saat	31.000 TL
İLK TASARIM	6,34 Saat	24.000 TL
SON TASARIM	5,70 Saat	23.000 TL

Yapılan bu çalışmada öncelikle bir kabinin duvarlarının imalatı için gereken 18 parça ürünü, ilk etapta 6'ya, ardından 3 parçaya düşürülmüştür. Bu durum maliyet ve üretim süresinde kritik derecede tasarruf sağlamıştır.

Yürütülen çalışmada, geleneksel çok parçalı ve çift kat saclı kabin tasarımı yerine tek panel ve tek kat sac kullanılarak üretim süreci optimize edilmiştir. İlk tasarımda üretim süresi 6,34 saate ve maliyet 24.000 TL'ye düşürülmüş; son tasarımda ise süre 5,70 saate, maliyet ise 23.000 TL'ye indirilmiştir. Bu iyileştirmeler sonucunda işçilik süresinde toplam %63,5, maliyette ise %25,8 oranında azalma sağlanmıştır. Parça sayısındaki azalma, kesim ve montaj kolaylığıyla birleşerek hem iş gücü hem de malzeme kullanımında verimlilik artışı yaratmıştır. Çalışma, mühendislik tasarım optimizasyonlarının üretim performansı üzerindeki etkisini net biçimde ortaya koymaktadır.

10. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, geleneksel çoklu panel ve çift kat sac yapıya sahip asansör kabin tasarımına alternatif olarak, tek panel ve tek kat sacdan oluşan yenilikçi bir asansör kabini tasarlanmıştır. Yapılan detaylı analizler ve simülasyonlar, geliştirilen tasarımın daha hafif, düşük maliyetli ve üretim süreci açısından daha verimli olduğunu ortaya koymuştur. Ansys yazılımı ile yapılan yapısal analizler, kabin duvarının dayanıklılık açısından geleneksel modellere benzer düzeyde performans sergilediğini göstermektedir.

Geliştirilen tasarım, daha az parça ile üretilebilmesi sayesinde hem işçilik maliyetlerini azaltmakta hem de kalifiye iş gücüne olan ihtiyacı minimize etmektedir. Ayrıca, sürdürülebilirlik açısından çevresel etkiyi azaltan bir yapı sunmaktadır. Bu yönleriyle yeni model, asansör sektöründe üretim ve montaj süreçlerini optimize etmeye yönelik güçlü bir aday olarak değerlendirilmektedir.

İlerleyen çalışmalarda, kabin prototipinin fiziksel üretimi ve deneysel testleri gerçekleştirilerek elde edilen sonuçların doğrulanması ve tasarımın ticarileştirilmesi yönünde adımlar atılması planlanmaktadır.

11. TARTIŞMA

Tasarımı yapılan tek parça asansör kabin duvarı, geleneksel sistemlerle karşılaştırıldığında önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle parça sayısının azaltılması, üretim sürecinde yalın üretim ilkelerine uygunluk sağlamak ve üretim süresini ciddi oranda kısaltmaktadır. Bu durum, seri üretime geçilmesini kolaylaştırmakta ve maliyet avantajı yaratmaktadır.

Ancak, tasarımın uygulama aşamasında karşılaşılabilecek olası zorluklar da göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, tek panel yapının gürültü ve titreşim yalıtımı açısından nasıl bir performans göstereceği ilerleyen prototip testleri ile değerlendirilmelidir. Ayrıca, kabin içi estetik ve kullanıcı memnuniyeti gibi unsurlar da tasarımın nihai başarısı açısından kritik öneme sahiptir.

12. KAYNAKÇA

- Akyüz, K., & Özdemir, M. (2021). Ray deformasyonlarının asansör kabini titreşimlerine etkisi. *Journal of Vertical Transport Engineering*, 7(2), 45–59.
- Çakır, A., & Bozkurt, Z. (2022). 1600 kg kapasiteli bir hidrolik asansör kabin iskeletinin tasarımı ve ANSYS ile sonlu elemanlar analizi. *Applied Engineering Studies*, 17(4), 65–82.
- Ciano, G., Della Corte, G., Longobardi, G., & Sgro, A. M. (2019). Energy generation using airflow from a moving elevator cabin (US Patent No. 11174844). United States Patent and Trademark Office.
- Demirtaş, A. (2020). Asansör kabininin farklı konumu için kılavuz raylarında oluşan gerilme dağılımının analizi. *Journal of Structural Mechanics*, 18(1), 32–48.

- Doğan, M. (2023). Asansör sistemlerinde enerji verimliliğini geliştirme: Yeni nesil yaklaşımlar. *Energy Efficiency in Systems*, 10(2), 22–39.
- Ergün, S., & Çelik, D. (2021). Akıllı asansör platformunda yolcu kabin içi davranışları üzerine bir çalışma. *Smart Systems and Urban Technologies*, 6(2), 88–101.
- Koç, Y., & Taner, L. (2020). Halatsız çok kabinli asansör sistemlerinin değerlendirilmesi. *International Journal of Elevator Technology*, 8(1), 20–34.
- Kurt, H., & Kalkan, B. (2022). Her iki yöne kullanılabilen teleskobik asansör kabin güvenlik kapısı tasarımı. *Elevator Systems and Safety Journal*, 9(4), 75–89.
- Lotfi, A., & Donath, F. B. (2017). Self-powered elevator cabin (US Patent Application No. 20170267492). United States Patent and Trademark Office.
- Lovric, M. (2019). Braking device for elevator cabin systems (US Patent No. 11117782). United States Patent and Trademark Office.
- Şahin, R. (2021). Asansör üretiminde montaj için tasarım (DFA) yönteminin kullanılmasıyla tasarım iyileştirmeleri. *Production and Design Research*, 11(1), 56–72.
- Uzun, T. (2021). Süspansiyonsuz asansör kabini tasarımı ve imalatı üzerine deneysel bir çalışma. *Mechanical Innovations Journal*, 13(3), 144–160.
- Vishal, R. (2024). Tension control during elevator descent (US Patent Application No. 20240253948). United States Patent and Trademark Office.
- Yıldız, F., & Kaya, E. (2019). Asansör kazalarında iskelet sistemi yaralanmaları: Epidemiyolojik bir inceleme. *Journal of Safety in Engineering*, 5(3), 113–127.