

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONTROLLÜ DEFORMASYON İLE ENERJİ ABSORBSİYONU
SAĞLAYAN YENİ BİR ASANSÖR TAMPONUNUN TASARIMI,
ANALİZİ VE İMALATI

Hazal ORMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
İmal Usulleri Programı

Danışman
Prof. Mehmet Emin YURCİ

Temmuz, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONTROLLÜ DEFORMASYON İLE ENERJİ ABSORBSİYONU
SAĞLAYAN YENİ BİR ASANSÖR TAMPONUNUN TASARIMI, ANALİZİ
VE İMALATI

Hazal ORMAN tarafından hazırlanan tez çalışması 30.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Mehmet Emin YURCİ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Mehmet Emin YURCİ, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bedri Onur KÜÇÜKYILDIRIM, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN, Üye

Trakya Üniversitesi

Danışmanım Prof. Mehmet Emin YURCİ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Kontrollü Deformasyon İle Enerji Absorbsiyonu Sağlayan Yeni Bir Asansör Tamponunun Tasarımı, Analizi Ve İmalatı başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim

Hazal ORMAN

Aileme

ve

dostlarıma

TEŞEKKÜR

Yeni bir asansör tamponu önermesi içeren bu tez, akademik literatüre ve çalışmakta olduğum asansör sektörüne katkı sağlamasını umduğum yenilikçi bir fikir çerçevesinde şekillenmiştir. Önerilen bu yeni tapon fikrinin tampon üreticisi firmalara ışık olmasını ve sürecin devamlılığını diliyorum.

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca ve hatta emeklilik süreci sonrası dahil desteklerini benden esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Mehmet Emin YURCİ'ye minnetlerimi ve teşekkürlerimi sunuyorum. Tezime destek vererek, çizim, malzeme ve parça imalatı konularındaki her türlü bilgi temininde benim yanımda olan Ermetal A.Ş ve Erkalıp A.Ş ailesine ve özellikle de sevgili Genel Müdür Yardımcısı Sayın Fatih DURAK'a ve Sayın Ali Erman ERTEN'e çok teşekkür ederim. Analizler ve simülasyon konusunda desteğini aldığım Sayın Erman ŞENOCAK'a ve konu araştırmalarımın desteği ve Redlab laboratuvar imkanlarını sunan Dr. Mühendis Sayın Cem YURCİ'ye teşekkür ederim. Beslendiğim ve bana her anlamda kılavuzluk eden şirketim Schindler Asansör A.Ş. ve yöneticilerine daimi teşekkürü borç bilirim. Tezin içerisindeki bu teorik ve pratik zorlukların yanında, yazım sürecinde de zamansal, mekansal ve duygusal zorluklarda yanımda olan, tecrübelerini bana aktaran ve düzenlemelerde ufkumu açan değerli arkadaşlarım Anıl DERKUŞ, Emre TAŞDEMİR, Erkin YALÇIN ve Mert DEMİR'e son olarak da hayattaki en büyük dayanağım aileme ne kadar teşekkür etsem azdır.

Çalışmalarına katkı sunmayı umduğum araştırmacı sektör çalışanlarına ve değerli meslektaşlarıma şimdiden teşekkürlerimi sunar, asansör sektörünün gelişmesinde pay sahibi olabilmeyi dilerim.

Hazal ORMAN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
1 Giriş	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.1.1 Asansör Tamponları ve Çarpışma.....	2
1.1.2 Çarpma Kutuları.....	8
1.1.3 Asansör Tamponu Olarak Çelik Sac Kullanımı.....	10
1.2 Tezin Amacı.....	11
1.3 Hipotez.....	12
2 Yöntem	14
2.1 Geometri ve Malzeme Seçimi.....	14
2.2 Hız ve Kapasite Seçimi.....	18
2.3 Analiz Yöntemi.....	19
3 Dinamik Analiz	21
3.1 CAD Data Üzerinde Yapılan İşlemler.....	21
3.2 FEA Model Oluşturma.....	21
3.3 İlave Kütleler, Kaynaklar ve Temas.....	22
3.4 Tasarım 1.....	23

3.4.1	Malzeme Modeli.....	28
3.4.2	Tasarım 1 GZR 1314 2/S Analiz Sonuçları.....	33
3.4.3	Tasarım 1 FEE BH 220 2/S Analiz Sonuçları ve Kıyaslamalar..	34
3.4.4	Revizyon 1-(Tasarım 1 FEE BH 220 2/S T=2,4mm).....	35
3.4.5	Revizyon 2-(Tasarım 1 FEE BH 220 2/S T=3mm).....	37
3.4.6	Revizyon 3-(Tasarım 1 FEE BH 220 2/S T=3,6mm).....	38
3.5	Tasarım 2.....	41
3.5.1	Tasarım 2 FEE BH 220 2/S Analiz Sonuçları.....	45
3.5.2	Revizyon-1 (Tasarım 2 FEE BH 220 2/S T=2,4mm).....	47
3.5	Optimum Kalınlık Hesaplaması.....	49
3.6	Gerinim Hızı.....	50
4	Sonuç ve Öneriler	53
	Kaynakça	57

SİMGE LİSTESİ

Al	Alüminyum
C	Karbon
Cr	Krom
Cu	Bakır
J	Joule
Nb	Niyobyum
Ni	Nikel
Mn	Mangan
Mo	Molibden
P	Fosfor
S	Kükürt
Si	Silisyum
Ti	Titanyum

KISALTMA LİSTESİ

AR-GE	Araştırma Geliştirme
BKE	Başlangıç Kinetik Enerjisi
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design)
EN	Avrupa Standart Normu
IE	İç Enerji
NKE	Nihai Kinetik Enerji
NTE	Nihai Toplam Enerji
TASIAD	Tüm Asansör Sanayici İş Adamları Derneği
TS	Türk Standartları

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Asansör Paraşüt ve Aşırı Hız Regülatörü [3].....	3
Şekil 1.2 Paraşüt Sistemleri [3].....	3
Şekil 1.3 Kabin Süspansiyon Sistemi [5].....	4
Şekil 1.4 Yaylı Tamponlar	7
Şekil 1.5 Poliüretan Tamponlar	7
Şekil 1.6 Hidrolik Tamponlar	8
Şekil 1.7 Çarpışma Kutusu [9]	9
Şekil 1.8 Çarpışma Kutusu [10].....	9
Şekil 2.1 Kabin Süspansiyon Sistemi.....	15
Şekil 2.2 Kabin Çarpma Plakası.....	15
Şekil 2.3 Çarpma Kutusu	17
Şekil 3.1 Çarpma Kutusu CAD Data.....	21
Şekil 3.2 FEA Model Oluşturma	22
Şekil 3.3 Alt ve Üst Parçaların Yerleşimi	23
Şekil 3.4 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Ön Görünüş	24
Şekil 3.5 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Yan Görünüş	24
Şekil 3.6 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Arka Görünüş	25
Şekil 3.7 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Yan Görünüş	25
Şekil 3.8 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Ön Görünüş	26
Şekil 3.9 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Yan Görünüş.....	26
Şekil 3.10 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Arka Görünüş.....	27
Şekil 3.11 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Yan Görünüş.....	27
Şekil 3.12 GZR 1314 2/S Gerilme-Uzama Eğrisi.....	28
Şekil 3.13 GZR 1314 2/S'e Ait Malzeme Modellemesi	30
Şekil 3.14 FEE BH 220 2/S Gerilme-Uzama Eğrisi	31
Şekil 3.15 FEE BH 220 2/S Malzeme Modellemesi	31
Şekil 3.16 GRZ 1314 2/S Enerji Sönümlleme Eğrileri	33
Şekil 3.17 FEE BH 220 2/S Enerji Sönümlleme Eğrileri.....	34
Şekil 3.18 Prototip BH 220 2S T=2,4mm Tampon Analiz Sonuçları (a'dan d'ye Ezilme Sırası)	36

Şekil 3.19 Tasarım 1 FEE BH 220 2/S T=3mm Tampon Analiz Sonuçları (a'dan d'ye Ezilme Sırası)	38
Şekil 3.20 Tasarım 1 FEE BH 220 2/S T=3,6mm Tampon Analiz Sonuçları (a'dan d'ye Ezilme Sırası)	40
Şekil 3.21 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Yan Görünüş	41
Şekil 3.22 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Ön Görünüş	42
Şekil 3.23 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Arka Görünüş	42
Şekil 3.24 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Yan Görünüş	43
Şekil 3.25 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Ön Görünüş	43
Şekil 3.26 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Yan Görünüş	44
Şekil 3.27 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Arka Görünüş	44
Şekil 3.28 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Yan Görünüş	45
Şekil 3.29 Tasarım 2 FEE BH 220 T=1,8 Modellemesi (a'dan d'ye Ezilme Sırası)	47
Şekil 3.30 Tasarım 2 Revizyon-1 FEE BH220 2/S T=2,4mm Modellemesi	48
Şekil 3.31 Kalınlık Modellemesi ve Denklemler	49
Şekil 3.32 BH220 2/S 1,8 mm Kalınlık	50
Şekil 3.33 BH220 2/S 2,4 mm Kalınlık	51
Şekil 3.34 BH220 2/S 3 mm Kalınlık	51
Şekil 3.35 BH220 2/S 3,6 mm Kalınlık	52

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1	Tasarım Özeti	16
Tablo 3.1	GZR 1314 2S Kimyasal Bileşim	28
Tablo 3.2	GZR 1314 2/S'e Ait Çekme Sonuçları.....	29
Tablo 3.3	FEE BH 220 2/S Kimyasal Bileşim	31
Tablo 3.4	FEE BH 220 2/S'e ait Çekme Sonuçları.....	32
Tablo 4.1	Analiz Sonuçları.....	54

KONTROLLÜ DEFORMASYON İLE ENERJİ ABSORBSİYONU SAĞLAYAN YENİ BİR ASANSÖR TAMPONUNUN TASARIMI, ANALİZİ VE İMALATI

Hazal ORMAN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Mehmet Emin YURCİ

Modern çağın getirileri ile birlikte hızla artan kentleşme ve buna bağlı olarak gelişim gösteren inşaat sektörü aynı zamanda asansör sistemlerini de mecburi gelişim ve değişim sürecine sokmuştur. Özellikle yaşanan kazalar ve gün geçtikçe önem kazanan güvenlik olgusu asansördeki güvenlik aksamalarını da önemli kılmıştır. Bu proje ile araçlarda kullanılan yüksek sönümleme yeteneğine sahip çarpma kutularından esinlenilerek mevcut asansör tamponlardan daha iyi sönümleme yeteneğine sahip bir tampon tasarımı ve imalatı yapılarak asansör piyasasına yeni bir güvenlik bileşeni sunulması hedeflenmiştir. İmal edilen ve asansör piyasasında ilk kez minimum elastik sönümleme, maksimum plastik şekil değiştirme ile kinetik enerji sönümleme özelliğine sahip olacak bu tamponun Hypermesh/ Hypercrash/ Radioss programlarında dinamik analizi yapılmıştır. Amacımız mevcut tamponlara nazaran hem olası kabin hasarlarını minimuma indirecek hem de minimum sıçratma ile yolcu güvenliği maksimum hale getirecek alternatif bir asansör

tamponu piyasaya sürebilmektir. Bu amaçla iki tip prototip tampon üretilerek sönümleme miktarı yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asansör sistemleri, kabin tamponu, karşı ağırlık tamponu, çarpma kutusu

DESIGN, ANALYSIS AND MANUFACTURING OF A NEW ELEVATOR BUFFER PROVIDING ENERGY ABSORPTION WITH CONTROLLED DEFORMATION

Hazal ORMAN

Department of Mechanical Engineering

Master's Thesis

Advisor: Prof. Mehmet Emin YURCI

The rapidly increasing urbanization based on modernity and fast-growing construction sector have also brought an imperative change and development of the elevator systems. Especially the accidents that occurred and the security phenomenon that has gained importance day by day have also made the safety components of the elevator system important. In this project, a new safety component has been released to the market by designing and manufacturing a buffer and crash boxes with higher damping capability than the elevator buffers that stock in the market. This crash box buffer, which will be capable of absorbing kinetic energy and plastic deformation and manufactured for the first time in the elevator market, has been dynamically analyzed by use of Hypermesh/ Hypercrash/ Radioss program. Our goal is to offer an alternative elevator buffer to the market that will minimize possible car damage and maximize passenger safety compared to existing buffers. For this purpose, two types of prototype buffers were produced and the amount of damping was interpreted.

Keywords: Lift systems, car buffer, counterweight buffer, crash box

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

1.1 Literatür Özeti

Özellikle hızlı nüfus artışına çözüm olarak ortaya çıkan yüksek yapıları kullanılabilir kılan en önemli dikey araçlardan birisi asansörlerdir. Yüksek binaların sayısı ve yaygınlığının artmasına paralel olarak asansörler, toplumlar için önce lüks sonra gereklilik ve nihayetinde de zorunluluk olmuştur. Asansörlerin ihtiyaç olmaktan çıkarak zorunluluk haline gelmesiyle de standardizasyon olgusu ortaya çıkmıştır. Günümüzde dört kat ve üzeri yapılar için zorunlu tutulan asansörler, denetlenen ve bina ruhsatı alınması için ön koşulu olan elektromekanik bir sistemlerdir. Buna paralel olarak asansör sektörü ve sektörün temel taşlarını oluşturan asansör direktifinin en önemli ayağını oluşturan güvenlik bileşenlerinin de gelişim sürecine girmesi kaçınılmazdır. Bunlardan en önemlisi de kuşkusuz kabin ve karşı ağırlık tamponudur.

Asansörlere artan talebe paralel olarak Türkiye'deki asansör bileşen üreticileri de zorunlu olarak büyük bir değişim geçirmiş ve dünya ticaretinde önemli pazar paylarına ulaşmış bulunmaktadır. Ancak, dünya pazarını elinde tutan çok uluslu şirketler, maliyetlerini düşürmek için üretim tesislerini daha ucuz işgücüne sahip Asya ülkelerine taşınmaktadır [1]. Küresel şirketlerin bu politikası, yerel-ulusal şirketlerin pazar rekabetinde zayıflamasına neden olmakta ve asansör piyasasında küresel aktörlerin tekelleşmesini hızlandırmaktadır. Bu durum hem tüketici açısından hem de yerli sektörün gelişimi açısından tehlike sinyalleri vermektedir.

Her ne kadar yerel-ulusal üreticinin pazar payı gerilese de bileşen üreticilerinin Ar-Ge çalışmalarında yenilikçi yaklaşımlar ile ilerlemesi ve alternatif çözümler sunabilmesi, sektörün gerilemesini engelleyecek ve hatta rekabet gücünü arttıracak önemli unsurlardan birisidir. Ar-Ge çalışmalarını yürütecek imalatçıların gözden kaçırmaması gereken en önemli nokta ise yönetmeliklerle de şart koşulmuş bulunan güvenlik konusudur. Asansör sistemlerinde kullanılan tamponlar ise asansör güvenlik sisteminin en önemli öğelerinden bir tanesi sayılmaktadır.

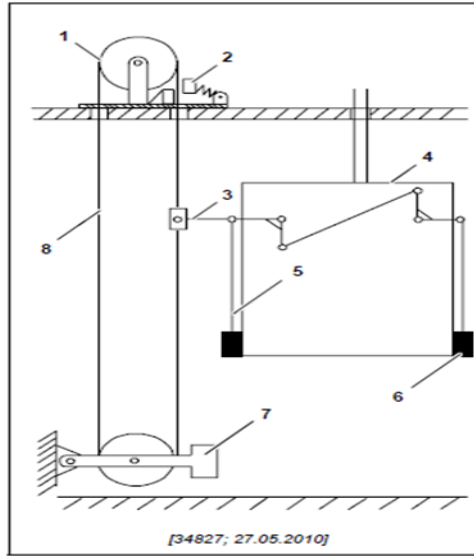
Tamponlar, asansör tahrik yeteneğindeki kayıplar ve halat kopması gibi durumların akabinde yeterli fren mesafesinin bulunmaması sebebiyle oluşabilecek riskleri minimum düzeyde tutmak için kullanılan ekipmanlardır. Tamponların görevi, kabinin veya karşı ağırlığın kuyu dibine doğru istem dışı kayması durumunda yere sert bir şekilde vurmasını engellemektir. Bu çarpışma esnasında kabin hasarını minimumda tutacak, yolcu güvenliğini maksimum düzeyde sağlayacak olan tamponların sönümleme kabiliyeti üzerinde durulması kaçınılmazdır.

Asansörler ile ilgili yeterince ayrıntılı raporlara sahip olan bir araştırmada on dört kazadan üçünün eksik bileşenli olan asansörlerde meydana geldiği saptanmıştır. Örnek olarak 1988'de Finlandiya'da ve Fransa'da meydana gelen iki kaza, karşı ağırlık tamponunun monte edilmemesinden kaynaklanmıştı [2]. Bu ve bunun gibi örnek kazalar asansör sistemlerinde tampon kullanımının önemini net olarak ortaya koymaktadır. Standart bazında tampon kullanımı zorunlu olsa da eski asansörlerde ve özellikle Türkiye'de 2012 öncesine kadar denetimler sıkı olmadığı için kabin ve karşı ağırlık tamponu olmadan çalıştırılan birçok asansör mevcuttu. Dolayısı ile bu tarz kazaların yol açtığı hasarlar açısından düşündüğümüzde tezin konusu da olan bu asansör tamponlarının sistemde rolü çok önemlidir.

Akışanların veya yayların (veya benzer diğer araçların) kullanıldığı tamponlar, anormal hareketlerin sonundaki durdurma işleminin yaratacağı hasarı minimum düzeyde tutmaya yaramaktadır. Kuyu dibi tamponları yıllar içerisinde farklı değişim ve gelişim evrelerinden geçmiştir. Bu durum Ar-Ge ihtiyacının ve yenilikçi yaklaşımların bu proje için önemli olduğunun başlıca göstergelerindendir.

1.1.1 Asansör Tamponları ve Çarpışma

Acil durumlarda asansör kabinini güvenli bir şekilde durdurmak için çeşitli Şekil 1.1'de görüldüğü gibi mekanizmalar vardır. Asansör boşluğunun en üstünde bulunan aşırı hız regülatörü (1), bir halatla kabindeki paraşüt setine (6) bağlanır. Regülatördeki makara, kabinin hızıyla orantılı bir hızda döner. Kabin seyir hızı belli bir hızın üzerine çıkarsa ve regülatör makarasının dönme frekansı değişirse kasnak kitlenir ve duran halat hareket halindeki kabinde (4) bulunan paraşüt mekanizmasını (3,5,6) tetikler.



1. Aşırı Hız Regülatörü
2. Tetikleme Sistemi
3. Paraşüt Bağlantısı
4. Kabin
5. Paraşüt Mili
6. Paraşüt
7. Gergi Ağırlığı

Şekil 1.1 Asansör Paraşüt ve Aşırı Hız Regülatörü [3]

Şekil 1.2’de görülen paraşüt tertibatı, kabini kuyu dibine çarpmadan önce durduramazsa, kabin kuyunun dibindeki bir tampona oturur ve çarpma etkisi azaltılmış olur. Çarpmanın yavaşlatılma yani enerjisini sönmüleme şekli yolcuların yaralanmasına neden olmayacak veya kabin kasasına ve kabine zarar vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır.

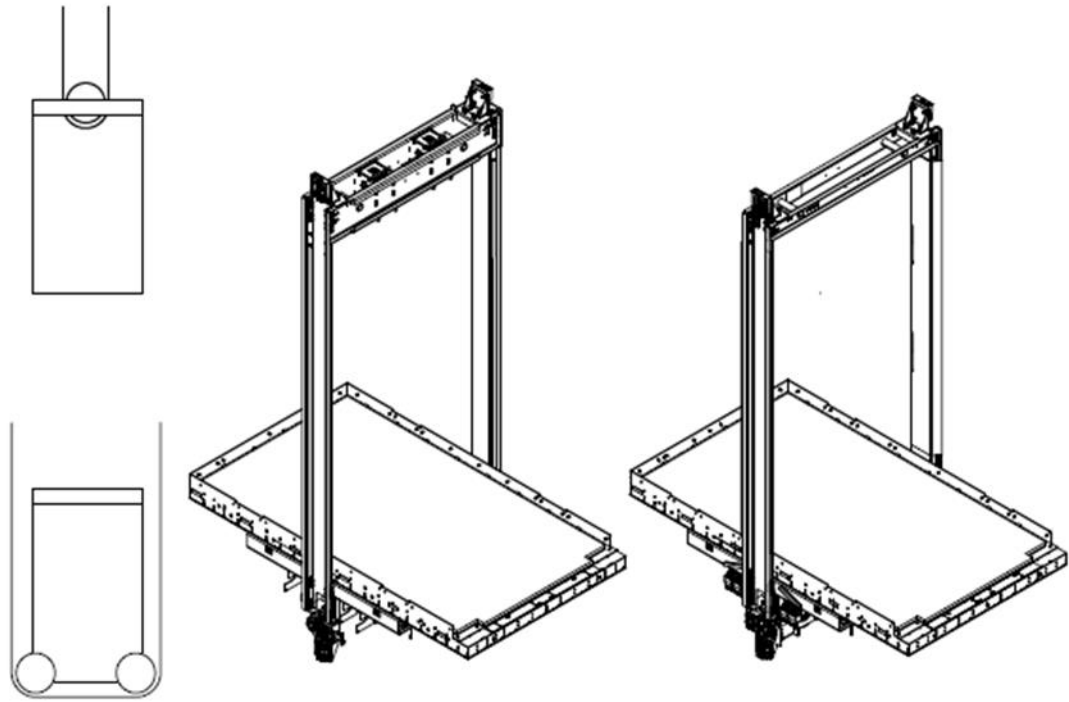


Şekil 1.2 Paraşüt Sistemleri [3]

Şekil 1.3’de gösterilen kabin süspansiyon çerçevesi kabinin yapısal parçasıdır ve şekilde gösterildiği gibi kabinin ana iskeletini oluşturmaktadır. Taban platformu doğrudan kabin çerçevesine bağlanmaktadır. Geleneksel olarak, kabin şasesi çelik kirişlerden oluşmaktadır. Şasenin alt kısmına bir çarpma plakası takılmaktadır. Bu çarpma plakası doğrudan kuyu dibindeki tamponun hizasına yerleştirilmektedir.

Tampon ve çarpma plakası kuyuda çarpıştığında kabin çerçevesine ve yolculara verilen hasarı sınırlandırmaktadır.

Tamponlar, kabin iskeletinin altına ve zemine sağlam bir şekilde sabitlendiğinde altlarında bir kişinin yatmış vaziyetteki duruşu yani standart bazında minimum 700mm x 1000mm ölçülerinde dikdörtgen kesitinin yüksekliği 500mm olacak şekilde güvenlik hacmini oluşturacak kadar alan olmalıdır. Kuyu dibinde bir düşme sonrasında dahi, bir kişinin sığınacağı kadar hacim kalmalıdır. Kuyu boşluğunun minimum ölçüleri sağlamaması durumunda, katlanabilen tampon sehpaları veya özel çözümler için risk analiz raporlarıyla kullanılmaktadır [4, 6]. Bu tez ile tasarlanacak tampon için ise bu alanı sağlayabilmek için bir destek kaide kullanılacak ve kuyu dibine sabitleme yapılacaktır. Zaten hali hazırda kullanılan poliüretan ve hidrolik tamponlar da genellikle bir kaide ile beslenmektedir.



şekil 1.3 Kabin Süspansiyon Sistemi [5]

Asansör tamponları “TS EN 81-20/50: Asansörler-Yapım ve montaj için güvenlik kuralları - İnsan ve yük taşıma amaçlı asansörler - Bölüm 20: İnsan ve yk asansörleri” standardında belirli tipler altında tanımlanmaktadır. Bunlar, doğrusal ve doğrusal olmayan karakteristiklerdeki enerji biriktiren tipte tamponlar ve enerji

dağıtan tamponlar olmak üzere iki tiptedir. Söz konusu tiplerin kullanım alanları hız limitleri ile birbirinden ayrılmıştır. Doğrusal ve doğrusal olmayan karakteristiklerdeki enerji biriktiren tipte tamponlar, sadece asansör beyan hızının 1 m/s'yi aşmadığı durumlarda kullanılabilir. Enerjiyi dağıtan tipte tamponlar ise bütün beyan hızlarında kullanılabilir [6].

Tezin hedefi olan yeni tasarım tampon tipinin analiz aşaması öncesinde standartta bulunan söz konusu tampon tanımlamaları için imalatçı firmaların tasarım yöntemlerini incelemekte fayda olacaktır. Hem yerli hem yabancı sermayeli tampon üreticilerinin piyasaya sunmuş olduğu tampon tipleri için şu tanımlamaları yapmak yerinde olacaktır:

Hızı 1m/s' den daha küçük olan asansörlerde üretici firmalar enerji biriktiren tamponlar kullanmaktadır. Bu tamponlar yaylı veya poliüretan tamponlar olarak adlandırılmaktadır. Hızı 1m/s' den daha büyük olan asansörler için ise enerji harcayan tipte tamponlar kullanılmaktadır. Bu tip tamponlar hidrolik tampon olarak lanse edilmektedir.

Gerek standart kısıtlamaları gerekse Ar-Ge çalışmalarının yetersizliği nedeni ile söz konusu bu tamponlar dışında dizayn edilmiş ve analizi yapılmış literatürlerde çok fazla yeni bir çalışma mevcut değildir.

TASIAD (Tüm Asansör Sanayici İş Adamları Derneği)' ın 2019 yılı için yayınlamış olduğu Asansör Sektörü Raporu'nun "1.3. Sektördeki Üretim Eğilimleri ve Üretilen Başlıca Ürünler" başlığı altında görüldüğü üzere hidrolik ve yaylı tamponlar iç piyasada üretilen önemli asansör güvenlik aksamaları arasındadır [7]. Standart bazında iç ve dış piyasada sadece hidrolik, kauçuk ve yaylı tampon olarak piyasaya sürülen bu güvenlik bileşenlerine alternatif olacak tezimizin çıktısı tampon sektörüne yenilikçi bir yaklaşım getirmektedir.

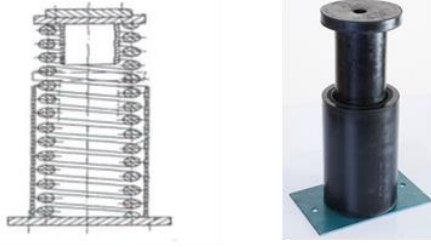
Projemizin hedef hız aralığının 1m/s üzerinde olduğu göz önünde bulundurulduğunda karşılaştırma yapacağımız ürün grubunun başta enerji dağıtan hidrolik tamponlar olmak kaydı ile kauçuk ve yaylı tamponlar olacağı görülmektedir.

Piyasada hidrolik olarak kullanılan yani enerji dağıtan tipteki hidrolik tamponlardan beklenenler şunlardır:

- Metre birimi ile ifade edilen tamponların mümkün olan toplam stroku, beyan hızının $(0,0674 v^2)$ %115'ine [6] karşılık gelen ağırlık durdurma mesafesine en az eşit olmalıdır. 2,50 m/s üstü beyan hızı için asansör hareket seyrinin sonunda yavaşlaması izlendiğinde, kabinin (veya karşı ağırlığın) tamponlarla temas ettiği hız, tampon stroku hesaplandığında, beyan hızının % 115'inin yerine kullanılabilir. Bununla birlikte bu strok, 0,42 m'den küçük olamaz [7, 6]. Projemizde plastik şekil değiştirme ile enerji sönmleme gerçekleşeceği için yeni bir yaklaşımla strok mesafesinin küçültülme imkanı da vardır.
- Kabinin kendi beyan yüklü kütlesi ile tampona vurması, beyan hızının % 115 olarak seçilen bir hızla serbest düşmesi veya düşürülmüş hız durumunda, ortalama yavaşlama 1 gn' den büyük olmamalıdır, 2,5 gn'den daha büyük yavaşlama, 0,04 s'den daha uzun sürmemelidir (gn = standart serbest düşme ivmesi=9,81 m/s²) [7].

Asansör kabini aşağıya inerken son katta meydana gelen arıza, kayış ya da halattan sıyırma gibi durumlarda yeterli fren mesafesi olmaması durumunda duramayan kabinin tabana sert bir şekilde çarpmasını önleme amaçlı kullanılan tampon çeşitleri aşağıdaki gibidir. Tamponlar en kötü koşul olan tam yüklü kabinin paraşüte geçme hız sınırında tampona çarpması durumunda oluşacak hasarın minimumda olmasını sağlamalıdır. Asansör yüküne bağlı olarak birden fazla tampon kullanılacak ise, bu tamponlar mutlaka aynı cinsten ve aynı yükseklikte tamponlar ve ağırlık merkezlerine eşit bir şekilde yerleştirilmelidir [4].

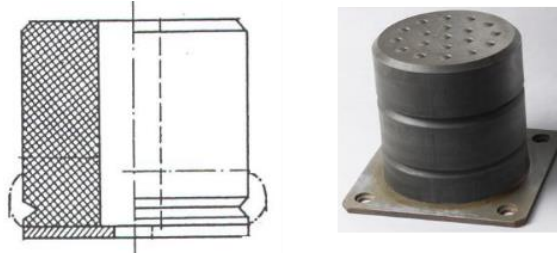
Yaylı (mekanik, lineer) tamponlar



Şekil 1.4 Yaylı Tamponlar

Enerjiyi biriktiren tipteki tamponlardır. Yaylı tamponlar çarpma esnasında oluşacak kinetik enerjiyi yaylı bir mekanizma ile sönmölemektedir. Bu tamponlar eski tip tamponlar olup günümüzde asansör sektöründe çok fazla kullanılmamaktadır. Kullanım alanları 1m/s'lik beyan hızı ile sınırlandırılmıştır.

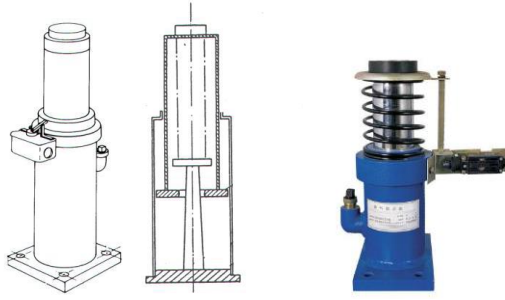
Poliüretan (mekanik, nonlinear) tamponlar



Şekil 1.5 Poliüretan Tamponlar

Enerjiyi biriktirip esneme ile tamamen geri veren tipteki tamponlardır. Enerjiyi geri verme sırasında sıçratma olması kaçınılmazdır. Halbuki tasarlanacak olan yeni tampon tipinde enerjiyi sönmöleme yöntemi açısından sıçratma minimum düzeyde olacaktır. Poliüretan tamponlar kimyasal yapısı nedeniyle bir araya gelen organik zincirlerden oluşmuş bir tür elastik hücresel elastomer poliüretandır. Kullanım alanları 1m/s'lik beyan hızı ile sınırlandırılmıştır. Piyasada 1m/s hıza kadar en çok kullanılan tamponlardır.

Hidrolik tamponlar



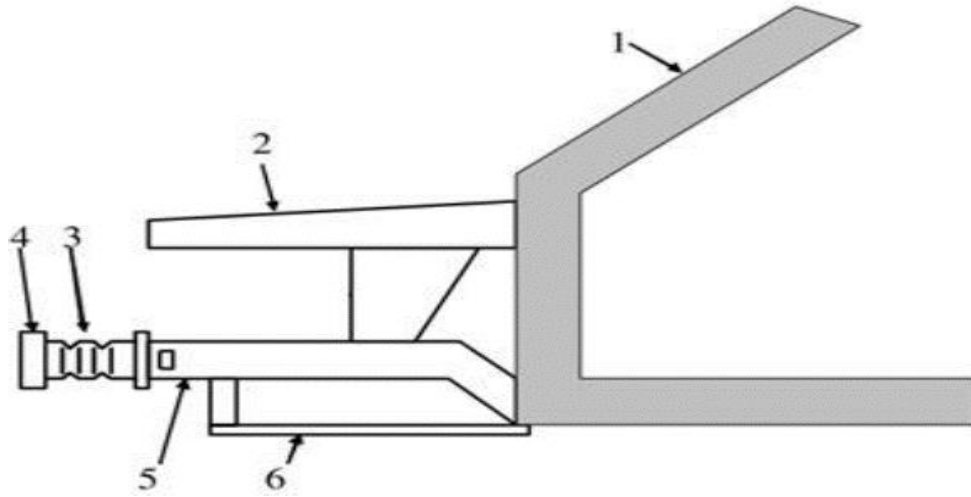
Şekil 1.6 Hidrolik Tamponlar

Enerjiyi dağıtan tipteki tamponlardır. Bu tamponlarda bir orifiste kısılan hidrolik yağ geçişi kısma yolu ile kısılarak deşarj edilmektedir. Kabin veya karşı ağırlık tamponu bastırıldığında, pistonu basınç uygular, bu basınç yağı deliklerden dış silindire doğru akar [8]. Hidrolik tampon en kötü durum olan yüklü kabin ya da karşı ağırlığın çarpma esnasında deformasyon enerjisini yutar ve çarpmadan sonra kabinin tampon üzerinden kaldırılmasıyla otomatik olarak eski haline geri döner.

Hidrolik tamponlarda kısılma esnasında mekanizmada yer alan bir emniyet kontağı sayesinde elektriksel olarak da asansör emniyet devresini açmaktadır. Bu tamponların hidrolik seviyesinin kontrolü kolayca yapabilmek için seviye çubukları kullanılmaktadır. Bu tip tamponlar için hız sınırlaması yoktur. Tezimizin temel kısıtlaması bu tamponlar üzerinden olacaktır.

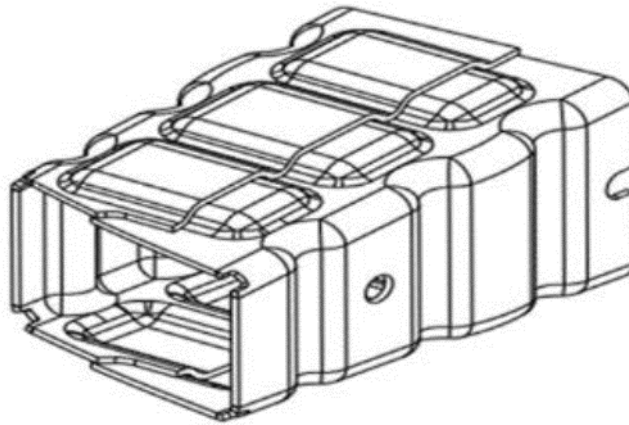
1.1.2 Çarpma Kutuları

Otomobillerde kullanılan çarpma kutuları, aracın diğer gövde parçalarını korumak için çarpma enerjisini emerek çökebilecek kapasitede bir deformasyon cihazıdır. Çarpma kutusu, Şekil 1.7'de gösterildiği gibi araç ön tampon üzerine monte edilmiş bir yapıdır. Çarpma kutuları, ana araç hasarını en aza indirmek ve düşük hızda çarpışmalarda çarpışma sırasında yolcuları kurtarmak için önemlidir. Kaza anında çarpma kutularının maruz kaldığı darbe kuvvetlerinin yeterince sönümlenememesi bu kuvvetlerin doğrudan araç içerisindeki yolcu bölümüne aktarılmasına sebebiyet verir. Bu durum hem araç içerisindeki yolcuların ölümcül yaralanmalarına neden olacak ve hem de araçta üzerinde yüksek miktarda maddi hasara yol açacaktır.



(1)Şekilsiz kokpit, (2) üst ön ray, (3) çarpma kutusu, (4) tampon traversi, (5) ana ön raylar, (6) mekanik çerçeve.

Şekil 1.7 Çarpışma Kutusu [9, 14]



Şekil 1.8 Çarpışma Kutusu [10, 14]

Şekil 2.8’de örneklenen çarpma kutularının enerji sönümleme kapasitelerinin arttırılmasına yönelik geçmişten günümüze çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar genellikle çarpma kutularının geometrisi üzerine olmuştur. Bazı çalışmalarda dairesel kesitli çarpma kutuları kullanılırken bazılarında dikdörtgen ve kare ve bazılarında ise çok değişik geometriler ele alınmıştır [11]. Çarpma kutularının geometrik özelliklerinin değiştirilmesi enerji sönümleme kapasitesi üzerine etkili olduğu bilinmektedir. Bu projede dikdörtgen geometrisi seçilmiştir.

Malzeme olarak da en çok alüminyum alaşımları ve çelik üzerine çalışmalar mevcuttur. Kompozit malzemelerden yapılmış çarpma kutularının yapabildiğini alüminyuma kıyasla daha fazla darbe enerjisi emdiği çalışmalarda yer almaktadır. Araştırmacılar dinamik enerjiyi en üst düzeye çıkarmak ve en yüksek enerjiyi emmek için çeşitli yöntemler kullanmışlar ve çeşitli geometrik profiller ve malzemelerle testler yapmışlardır.

Petek profili en iyi enerji emilim yapısı olarak önerilmiş ve alüminyum çarpışma sırasında enerjiyi emen en iyi malzeme olmuştur. Bununla birlikte, petek yapılı kompozit profil yapısı sadece simülasyon analizinden geçmiştir. Simülasyon çalışmasını destekleyecek sağlam bir laboratuvar test verisi bulunmamaktadır [14].

Bununla birlikte çarpma kutularının tasarım özellikleri ile ilgili şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Darbe kuvveti maksimum kuvvetini kontrol etmeli ve gerekli değerinin sınırlandırılmasını sağlamalıdır.
- Çarpma enerjisi, olabildiğince metal için geri dönüşümsüz deformasyon enerjisine dönüştürülmüş olmalıdır.
- Çarpma kutusunun deformasyonu, çarpışma sırasında çarpma kutusunda tekrarlanabilir ve kararlı olmalıdır.
- Çarpma kutusu bir kerelik ekipman kullanımıdır ve düşük maliyetli, kolay üretilmiş ve değiştirilmiş olmalıdır.
- Çarpma kutusu, daha fazla enerji emmek için yeterli deformasyon şekli sağlayacak kadar uzun olmalıdır, ancak deformasyondan önce çok fazla yer kaplamamalıdır.

1.1.3 Asansör Tamponu Olarak Çelik Sac Kullanımı

Metal boruların aksenel katlanması, onlarca yıldır mükemmel bir enerji emici mekanizma olarak bilinmektedir. Günümüzde, bu ilkeye dayanan bileşenler, arabalar ve trenler gibi yüksek hacimli endüstriyel ürünlerde ve çarpışma sırasında enerjinin kontrollü bir şekilde emilmesi gereken diğer sektörlerde kullanılmaktadır. Tüplerin bu endüstriyel sektörlerdeki başarısının önemli bir kısmı, birkaç bağımsız

araştırma kurumu tarafından yürütülen kapsamlı araştırma çalışmalarından kaynaklanmaktadır [15].

Literatürde asansörlerde kurulu tampon olarak çelik sac kullanılması hatta tampon olarak plastik şekil değiştirebilen malzemelerin kullanılması fikri daha önce önerilmemiştir. TS EN 81-50 standardında öngörülen yavaşlama deneyinden sonra tamponun hiçbir parçası, normal çalışmayı engelleyecek şekilde kalıcı bir şekil değişikliğine uğramış olmamalı ve hasar görmemelidir ifadeleri nedeniyle üretici firmalar standart dışına çıkmadan üretimlerini gerçekleştirmektedir [16]. Ancak bu tez ile söz konusu standartların dışına çıkılarak mevcut tamponların üstlenmiş olduğu görevlerin hatta daha fazlasının karşılanabileceği ispatlanmaya çalışılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Asansör tamponlarını bir çeşit durdurma sisteminin bir parçası olarak düşünebiliriz. Tamponların, görevi itibarıyla kabinin veya karşı ağırlığın kuyu dibine doğru kayması durumunda sönümleme yeteneğinin olması kaçınılmazdır.

Piyasadaki hidrolik ve kauçuk tamponlar yıllar içerisinde farklı değişim ve gelişim evrelerinden geçerek günümüzde kullanım yeri bulmuştur. Düşüm enerjisinin kontrollü bir şekilde sönümlenmesi açısından, ARGE ihtiyacı ve yenilikçi yaklaşımlar sektörün önde gelen faaliyet alanı haline gelmiştir. Bu tez ile 1m/s üzerindeki hızlar için piyasada kullanılabilecek sönümleme yeteneği mevcut tamponlardan daha yüksek alternatif bir tampon üretilmesi hedeflenmiştir.

Bununla birlikte;

- Öngörülen yeni tampon tipleri için yapılacak tasarım ve analiz çalışmaları ile sönümleme yeteneği yüksek asansör tamponları imal edilebilmektedir.
- Tez çalışmasında mevcut asansörlere en fazla uygulanan hızlar olan 1 m/s ve üzeri hız aralığı için yeni bir alternatif tampon doğacak ve artık bu hız aralığında hidrolik tampon kullanımı elemine edilmiş olacaktır.
- Enerjiyi sönümlemek suretiyle kabin hasarını asgariye indirerek yolcu güvenliğini arttırmış olacaktır. Bu özelliği ile de sedye asansörleri gibi

sarsılma hassasiyetinin önemli olduğu kamuya açık hastane asansörleri için öncelikli olarak tercih edilebilecektir.

- Öngörülen yeni tampon tasarımları ve seçilen hız aralığı sayesinde, müşterinin seçim yelpazesi genişletilmiş olacaktır.

1.3 Hipotez

Piyasada halihazırda kullanılan tamponlar yalnızca iki tip ile sınırlandırılmıştır. Bunlar, kauçuk ve hidrolik tamponlardır. Her ne kadar yaylı tipleri üçüncü bir alternatifi oluşturuyor görünse de bunlar artık kullanımdan kalkmış bulunmaktadır. Yaylı tamponlar artık tercih edilmeyen çok düşük hızlı asansörlerde kullanılabilir. Bu proje ile sektöre kazandırılacak olan yeni alternatif tampon, yaratacağı daha uygun sönümleme kabiliyeti sayesinde yolcu güvenliğini arttırarak yaralanma riskini asgariye indirecektir. Bunun yanısıra oluşabilecek kabin hasarları da minimum düzeye indirgenmiş olacaktır.

Projemiz ile sunulan yeni tampon tipinde 1 – 2,5 m/s lik hız alanında çalışma hedeflenmiştir. Bu seçime mevcut asansörlerin daha ziyade anılan kullanım hızlarında çalışıyor olması yol açmıştır. Standartlarda, 1 m/s den sonraki hızlar için hidrolik tamponlar öngörülmektedir. Böylelikle, projemizin çıktısı olan tampon tipi ile söz konusu hız alanının belirli bir bölümü için alternatif tampon sunulmuş olmaktadır.

Tasarlamayı planladığımız çarpma kutusu özelliğindeki bu tampon için proje sonunda patent başvurusu yapılarak hem iç hem de dış piyasa için yeni bir kazanım sağlanmış olacaktır. Ayrıca yine bu tasarım sayesinde, standart dışı bir ürüne tip sertifikası alınarak uluslararası platformda var olmayan bir tampon tipi lanse edilebilecektir. Tez çalışmaları dahilinde yapılan araştırmalar sırasında uluslararası şirket olan Liftinstituut ile görüşülerek tip sertifikası teklifi alınmış, bu sayede tezin uygulanabilirliği kanıtlanmıştır.

Asansör tamponlarında plastik şekil değiştirme ile çarpma enerjisinin yutulması ilk kez bu projede öngörülmüştür. Normal çalışma koşullarında ve test yöntemlerinde elastik deformasyon sınırında kalacak bu tampon tipi, asansör paraşüt

mekanizmasının devreye girmediği vakalar için de plastik şekil değiştirerek enerji absorpsiyonu sağlayacaktır. Bu durumda tek kullanımlık olacaktır.

Kauçuk tampondaki elastik deformasyon enerjisinin geri sıçratma özelliği yerine plastik deformasyon enerjisi ile darbe yutmak kabin hasarı açısından önemli bir avantaj haline dönüşecektir. Ayrıca projenin çıktısı olacak bu tampon darbeyi kontrollü bir biçimde oransal olarak sönümleyecektir. Bu özelliği ile diğer tamponlardan üstünlük sağlayacaktır. Asansörde böyle bir donanım ilk kez kullanılması yenilikçi bir ARGE çalışmasıdır.

Proje çıktısı olacak yeni tamponun piyasada sıklıkla kullanılan ve üretilen hidrolik ve kauçuk tamponlar ile kıyaslaması yapıldığında malzeme tutumu açısından da darbe anındaki davranışı ile öne çıkmaktadır. Piyasanın belirli bir shore sertliğindeki kauçuk malzemesinden yapılan tamponlar ile sınırlı bir elastik deformasyon sağlanabilirken yeni tasarım çarpma kutusu, belirli bir deformasyon üzerinde uğrayacağı plastik deformasyon sayesinde enerji yutulması daha fazla olacağından çarpma esnasında kabin ve yolcуда meydana gelebilecek hasar minimuma inmiş olacaktır. Piyasada kullanılan bir diğer tampon çeşidi olan hidrolik tamponda ise bilindiği üzere sıvılar sıkıştırılamayacağı ilkesinden yola çıkarak belirli bir noktadan sonra herhangi bir esneme söz konusu olmayacağı aşıkardır. Bu da esnek olmayan ve sabit bir direnç meydana getirir. Hiçbir zaman için çarpma kutusunun sağladığı uzun bir deformasyon deplasmanı ve esneklik diğer tampon çeşitleri ile sağlanamayacaktır. Pekleşme ile giderek artan direnç sayesinde yeni tasarım beklenen güvenlik ihtiyacını sağlamış olacaktır. Bu durum sektöre son derece uygun bir darbe karşılama özelliği tanımlamaktadır.

2 Yöntem

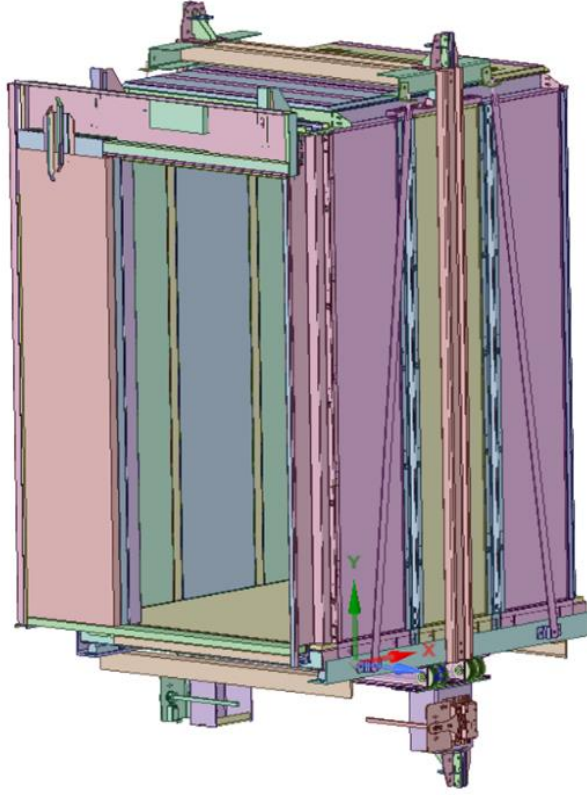
Bu tez ile literatür özetinde tanımlanmış olan araç çarpışma kutularından esinlenilerek çarpma kutulu asansör tampon tasarımı yapılmış, çarpmada kullanılacak kabin tasarlanarak HyperMesh programı ile modelin sonlu elemanlar yapısı oluşturulmuş, HyperCrash programı ile de model dinamik analize hazır hale getirilmiştir. Malzeme kartları, ilave kütleler, kaynak birleştirmeler ve diğer başlangıç ve sınır koşulları ile son olarak da Radioss çözdürücüsü ile dinamik analiz yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

Çarpışma sonrasında kinetik enerji, iç enerji, hourglass enerjisi, toplam enerji ve toplam kütle (momentum korunumu) verilerine bakılarak sonuçlar yorumlanmıştır. Ayrıca tasarlanan çarpma kutulu tamponlar Ermetal firması tarafından sağlanan destek ile imal edilmiş ve gerçek çarpışma testleri için bunların imal edilebilirliği ve yeni standartlarda kullanılabilirliği ortaya konmuştur.

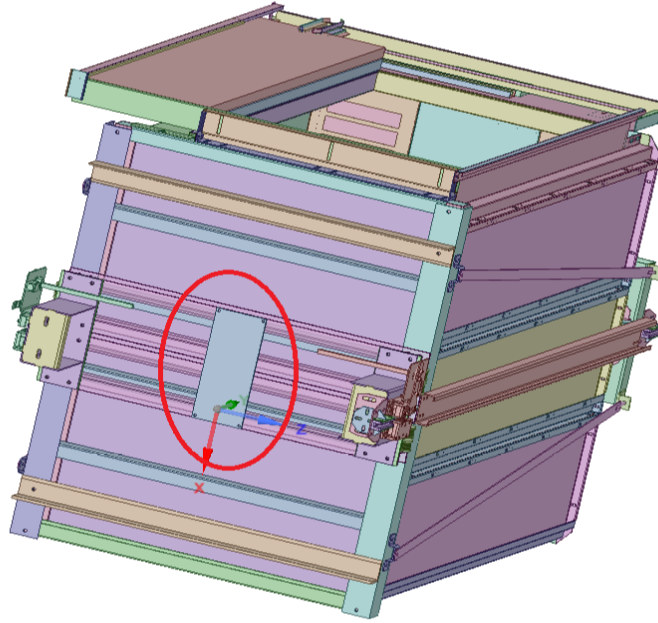
2.1 Geometri ve Malzeme Seçimi

Kabin geometrisi Creo Parametric programında dizayn edilmiştir ve Şekil 2.1’de görüldüğü gibi tasarlanmıştır. Kabinin alt şase kısmında yer alan çarpma plakası tampon ile çarpışma esnasında temas eden noktasıdır. Şekil 2.2’deki çarpma plakası merkezde tek tampon uygulaması için tasarlanmıştır.

Şekil 2.3’te görüldüğü gibi tasarlanan çentikli tetiklere sahip desenli çarpışma kutularının, aynı tetikleyicilere sahip düz çarpışma kutularına kıyasla eğik çarpmalarda sadece marjinal olarak daha iyi olduğu gözlenmiştir [17].



Şekil 2. 1. Kabin Süspansiyon Sistemi



Şekil 2.2 Kabin Çarpma Plakası

Çalışmalarda iki adet ana tasarım üzerinde durulmuş ve her tasarımın da iki farklı malzeme ile davranışı analiz edilmiştir. Buna göre:

Tablo 2.1. Tasarım Özeti

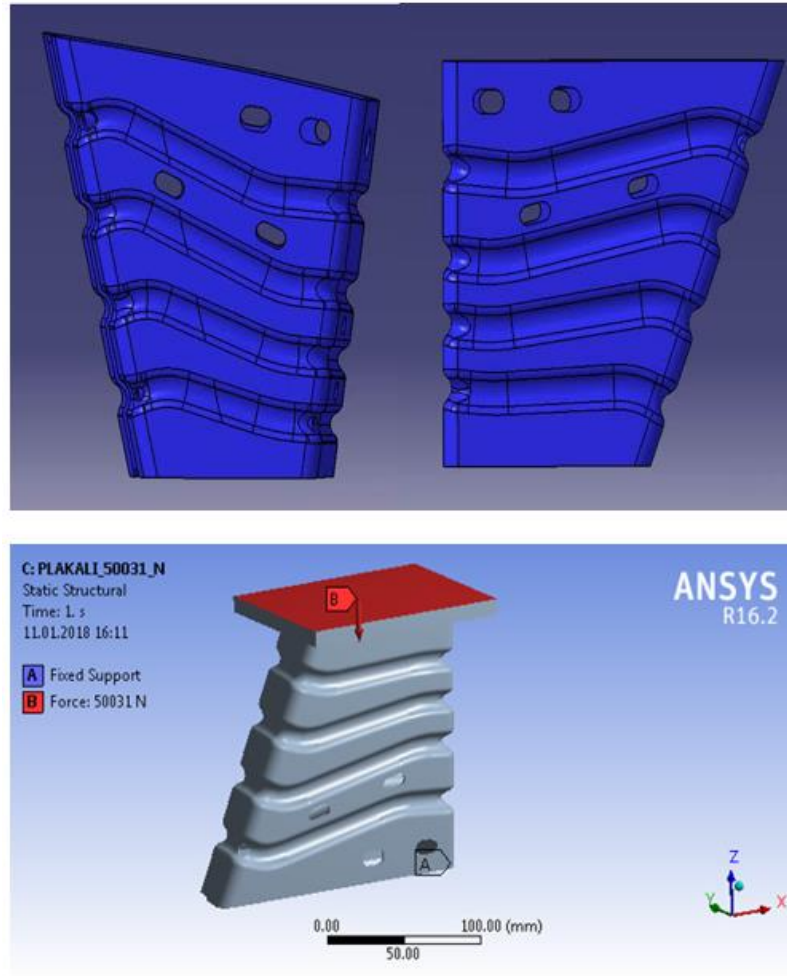
Analiz No	Tasarım	Sac Kalınlığı	Malzeme	Düşüş Hızı(m/s)	Toplam Kabin Kütlesi (kg)
1	Tasarım-1	1,8mm	GZR 1314 2/S [18]	3,225	3400
2	Tasarım-1	1,8mm	FEE BH 220 2/S ¹	3,225	3400
3	Tasarım-1	2,4mm	FEE BH 220 2/S	3,225	3400
4	Tasarım-1	3 mm	FEE BH 220 2S	3,225	3400
5	Tasarım-1	3,6 mm	FEE BH 220 2S	3,225	3400
6²	Tasarım-1	1,8mm	GZR 1314 2/S	1	1768
7	Tasarım-2	1,8mm	FEE BH 220 2/S	3,225	3400
8	Tasarım-2	2,4mm	FEE BH 220 2/S	3,225	3400

Literatüre ve incelenen uygulama örneklerine bakıldığında, benzer yapıların çarpma sırasında depoladıkları enerjiyi maksimize etmek ve düzgün bir katlanma şekli sağlayabilmeleri için çarpma kutuları üzerinde çeşitli oyuklar tasarlanmaktadır. Bu çalışmada da burkulma (katlanma şeklinde) enerjisini maksimize edebilmek için benzer oyuklar tasarımda kullanılmış ve analizlere yansıtılmıştır.

¹ U.S. Standart ölçüleri 52814

² Schindler Eğitim Merkezi test asansörüne uygun koşullar seçilmiştir.

Yüzeyinde olukların olduğu çarpma kutusu Ermetal firmasında mevcut olan kalıplarda üretilmiş ve araçlardakinin aksine dikey yüklere maruz kalacağı için dizayn ile oynanarak üst ve alt yüzeyi düzgün hale getirilmiştir. Araçlarda kullanılan darbe sönümleyicilerin tasarımı bu oynama ile asansör tamponlarının çarpma yönüne göre adapte edilmiştir. Sağ ve sol tasarımı (olukların akış yönü) sayesinde oluşacak yanal ters kuvvetler birbirini dengeleyecek ve istenmeyen etkiler ortadan kaldırılacaktır. Bu durumda amacımız iki tampon ile hem dengeleme yapabilmek hem de gerekli sönümleme yeteneğini yakalamaktır.



Şekil 2. 3 Çarpma Kutusu

2.2 Hız ve Kapasite Seçimi

Her ne kadar Türkiye’ de aktif olarak 6m/s hızlarına kadar aktif olarak çıkabilen asansörler (Örn: ÖzdilekPark İstanbul Alışveriş Merkezi)³ mevcut ise de halen bu asansörlerin sayısı çok azdır. Öncelikle asansör sektörde en çok kullanılan ve yüksek hız olarak tanımlanan hız değerinin 2,5 m/s olduğunu sektör tecrübeme dayanarak belirtebilirim. Tez hedefinde üretecek tampon sektörde en çok kullanılan hız aralığında çalışacak kabine göre dizayn edileceği için tasarlanmış olan kabin hızı bu değer aralığında çalışacak şekilde simüle edilmiştir. Bununla birlikte bu hız aralığında kullanılan maksimum kapasitedeki asansörlerin 1600 kg oluşu, yine simüle edilen kabin beyan yükü seçiminde etkili olmuştur. 1600 kg beyan yükünde bir kabinin boş karkas ağırlığı ise yaklaşık 1800kg civarındadır. Bu değer kabini tasarlayan firmanın tasarımına göre muhakkak değişecektir. Bu bağlamda tam yük dolu kabinin çarpışma esnasında toplam ağırlığı 3400 kg dolaylarında olduğu kabulü ile analizler gerçekleştirildi.

Kabin aşırı hız regülatörünün paraşütü tetikleme hızı standart bazında sınırlandırılmıştır. Seçilmiş olan paraşüt tipi en çok kullanılan kademeli paraşüttür. Bu paraşüt tipi için aşırı hız regülatörü paraşütü tetiklemeden önceki maksimum hız değeri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır [6]:

$$V_p = 1,25 \cdot v + (0,25 / v) \quad (2.1)$$

V_p=Paraşüt hızı (m/s), **v**=Beyan hızı (m/s),

2.1 formülü ile 2.5 m/s hız değerinin paraşüt aktif olmadan önceki maksimum hız değeri ise 3,225 olarak hesaplanmıştır. Bu değer kabinin tampona çarpacağı maksimum hız değeri olarak ifade edilebilir. Kabin serbest düşme hareketi yapsa da seyir halinde iken düşmeye başlasa da paraşüt aktif olmadan çakılabileceği maksimum değer budur.

³ ÖzdilekPark İstanbul Alışveriş Merkezi, Esentepe Mah. Büyükdere Cad. No.181 34394 Şişli / İstanbul

2.3 Analiz Yöntemi

Tasarlanan ve üretilen çarpışma kutularının analizinde Hypermesh/ Hypercrash/ Radioss programları sırasıyla kullanılmıştır. Dinamik analiz metodu ile kabin ve tampon çarpışması gerçekleştirilmiştir. Burada belirli malzemelerde ve belirli analiz metodu ile analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Yerine ve asansör tipine göre farklı koşullarda tasarımlar yapılmak ve farklı malzemeler kullanılmak sureti ile de analiz çalışmaları yapılabilir.

Analiz yönteminin anlaşılabilmesi için öncelikle alt kırılım olarak dinamik analizin ne demek olduğu konusunu açıklığa kavuşturmak gerekir. Dinamik analiz yüke maruz kalan yapıların zamana göre değişen davranışını belirlemek için kullanılır. Yapının ataleti ve muhtemelen sönümlenmesi önemli bir rol oynar. Dinamik analizler aynı zamanda serbest titreşimlerin çalışmasını, yani harekete neden olan kuvveti ortadan kaldırdıktan sonraki yapının salınımlarını da içerir. Dinamik bir analiz genellikle aşağıdakilerden birini veya birkaçını dikkate alır:

- Serbest titreşimler: Doğal titreşim frekansları ve şekilleri
- Zorlanmış titreşimler: Krank milleri, diğer döner makineler
- Sismik / şok yükleri: Deprem, patlama
- Rastsal titreşimler: Roket fırlatma, karayolu taşımacılığı
- Genel zamanla değişen yükler: Araba kazası, darbe yükleri vb.

Dinamik analizleri esasen uygulama yeri ve amacına göre düşük, orta ve yüksek hızlı çarpışmalar için kategorize etmek doğru olacaktır. Amaç malzemenin en uygun cevabı vermesini sağlamaktır. Yapılan test ve simülasyonlar tatmin edici sonuç alınıncaya kadar devam ettirilmektedir.

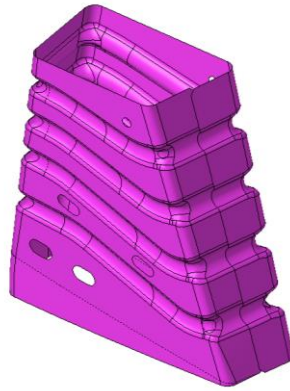
“Genel olarak, darbeler düşük hızlı veya yüksek hızlı olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bununla birlikte bu kategoriler arasında açık bir geçiş yoktur. Yapılan araştırmalar bu geçişin belirlenmesinde henüz net bir sonucun elde edilemediğini göstermektedir. Bu konuda yapılmış çalışmalardan bir kısmı düşük hızlı darbeyi hedefin rijitliğine, malzeme özelliklerine, çarpan cismin kütle ve rijitliğine bağlı

olarak 1 ila 10 m/s arasında değişen hızlar olarak değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadır” [19].

Çarpma hızının 3,225 m/s olarak belirlendiği bu projede yer alan analiz metodu düşük hızlı darbe sınıfına girmektedir.

3.1 CAD Data Üzerinde Yapılan İşlemler

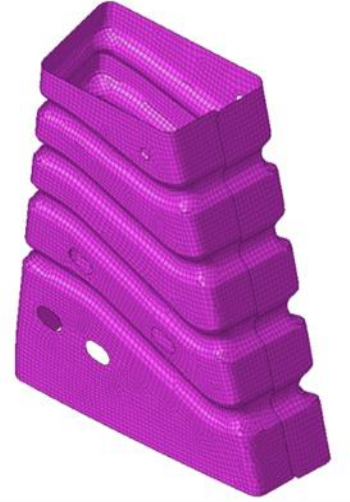
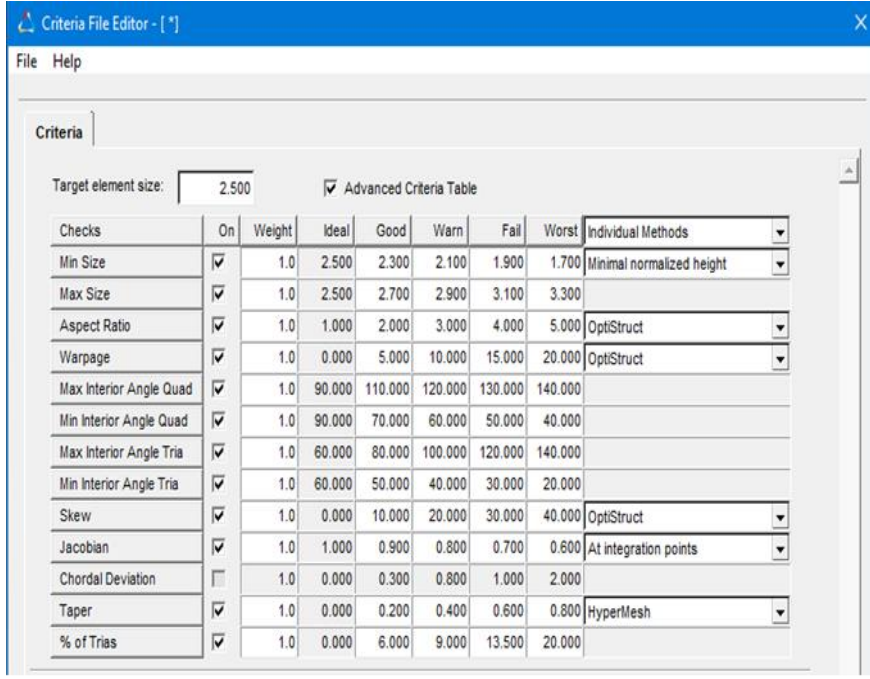
- Tasarım hazırlanarak CAD *.stp datası Hypermesh'e aktarılarak (import) geometri üzerinde iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.
- İyileştirme çalışmaları: Küçük yüzeylerin temizlenmesi, küçük radyuslu bölgelerin kaldırılması, tam olarak çakışmayan(temasta olmayan) alanların ve çizgilerin temas eder hale getirilmesi olarak özetlenebilir.
- Alt bölgede düzlem plakalarla teması kolaylaştırmak için uzatma yapılmıştır.



Şekil 3.1 Çarpma Kutusu CAD Data

3.2 FEA Model Oluşturma

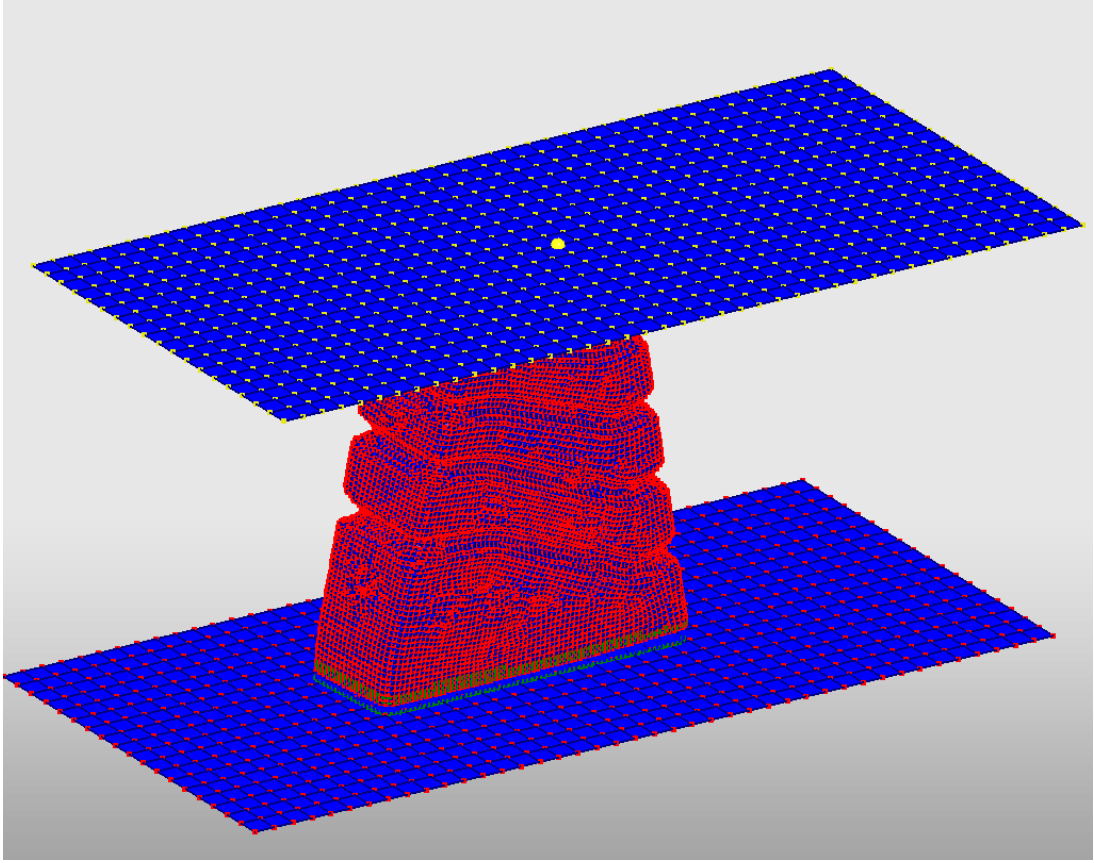
- Gelişmiş bir mesh kriter tablosu yaratılarak yapı kalite endeksini (quality index) maksimize edecek şekilde otomatik mesh özelliği ile iterative olarak ağ yapı haline getirilmiştir.
- Yapıdaki kıvrımların boyutu ve burkulmaya (katlanmaya) etkisi göz önüne alındığında, detayların yeterli sayıda elemanla temsil edilebilmesi için ideal eleman boyutu 2.5mm olarak seçilmiştir.
- Yapıda toplam 12.141 düğüm noktası (node) ve 11.902 dörtgensel (quad) eleman bulunmaktadır.



Şekil 3.2 FEA Model Oluşturma

3.3 İlave Küteller, Kaynaklar ve Temas

- Hypercrash arayüzünde parçanın üst kısmındaki düzlem sac parçaya 3450kg ilave kütle tanımlaması ve aşağı yönlü 3225mm/s (3,225m/s) hız tanımlaması yapılmıştır.
- Parçanın kendi içinde teması için çok amaçlı simetrik temas algoritması (interface type 7) tanımlaması yapılmıştır.
- Alt ve üst sac parçalar kaynak yöntemi ile tampon parçasına birleştirilmiştir. Analizlerde hem açık uçlu olması durumu hem de burkulan ucun kaynaklı olması durumu incelenmiştir.



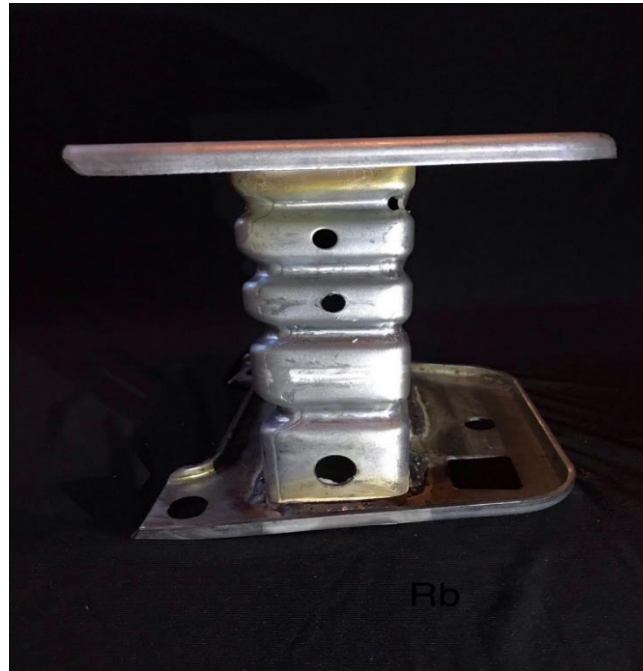
Şekil 3.3 Alt ve Üst Parçaların Yerleşimi

3.4 Tasarım 1

Tasarım-1 olarak adlandırılan geometri için GZR 1314 2/S-1,80 mm ve FEE BH 220 2/S-1,80mm çarpışma kutusunun iki adet simülasyonu yapılmıştır. Bunlar alt ve üst ucu kaynaklanmış plakadan oluşan ve sadece alt ucu kaynaklanmış plakadan oluşan ve modellerdir. Ayrıca iki tampon kullanım durumu için sağ ve sol olarak iki ayrı tasarım yapılmıştır. Şekil 3.4 ile Şekil 3.11 arasında Tasarım-1 olarak adlandırılan parçanın üretilmiş halinin farklı yönlerden fotoğrafları gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Ön Görünüş



Şekil 3.5 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Yan Görünüş



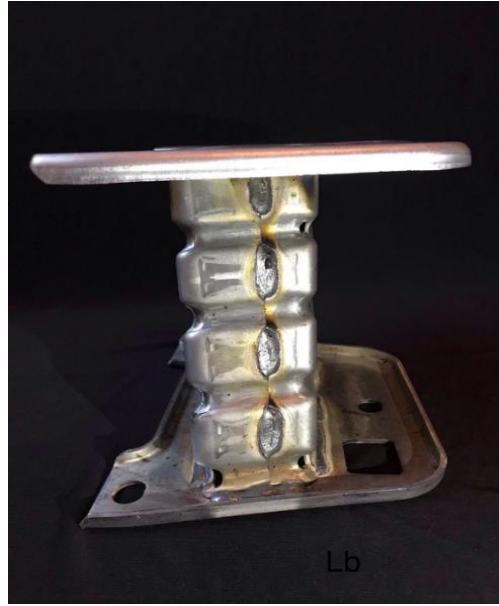
Şekil 3.6 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Arka Görünüş



Şekil 3.7 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Yan Görünüş



Şekil 3.8 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Ön Görünüş



Şekil 3.9 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Yan Görünüş



Şekil 3.10 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Arka Görünüş



Şekil 4.11 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Yan Görünüş

3.4.1 Malzeme Modeli

Malzeme modeli olarak Johnson-Cook elastoplastic malzeme modeli seçilmiştir. Bu malzeme modelinde:

α = akma gerilmesi (plastic yield stress),

β = çekme dayanımı (ultimate tensile stress)

n = mühendislik gerinimi (engineering strain at UTS)

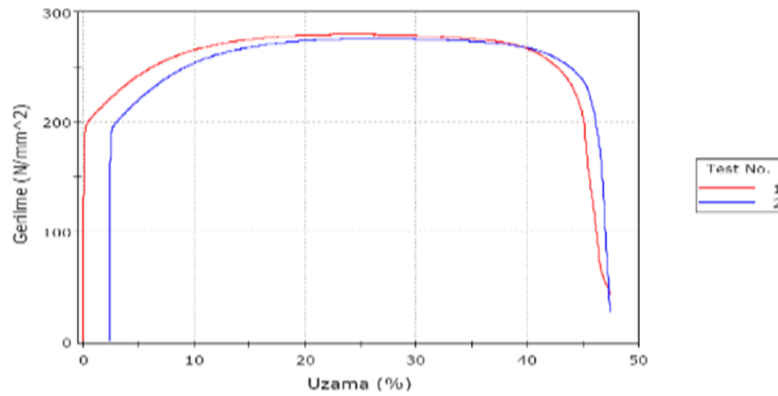
olarak tanımlanmaktadır.

$E=200\text{GPa}$ ve $\nu=0,3$ (Poisson oranı) ve $\rho=7,85\text{e-}9$ ton/mm³ olarak alınmıştır.

(Değişiklikler model dosyası içinden malzeme kartı bölümünden yapılmıştır.

Tablo 3.1 GZR 1314 2S Kimyasal Bileşim⁴

KİMYASAL BİLEŞİM, POTA ANALİZİ%							
C	MN	P	S	SI	AL	NB	TI
%	%	%	%	%	%	%	%
0,002	0,068	0,008	0,011	0,005	0,052	0,000	0,052



Şekil 3.12 GZR 1314 2/S Gerilme-Uzama Eğrisi⁵

⁴ Ermetal Otomotiv Ve Eşya Sanayi Tic. A.Ş., “Çekme Testi Raporu”, 2019, s.2.

⁵ Age, 2019, s.2.

Tablo 3.2 GZR 1314 2/S'e ait çekme sonuçları⁶

	Sac Numune Ortalama Kalınlık Değeri [a] (mm)	Sac Numune Ortalama Genislik Değeri [b] (mm)	İlk Ölçme Uzunluğu [L ₀] (mm)
1	1,720	21,000	80,036
2	1,740	21,010	80,045
Ortalama	1,730	21,005	80,041

	%0.2 Akma Dayanımı [R _{p0.2}] (N/mm ²)	Üst Akma Dayanımı [R _{eH}] (N/mm ²)	Alt Akma Dayanımı [R _{eL}] (N/mm ²)
1	196,820	-	-
2	194,550	-	-
Ortalama	195,680	-	-

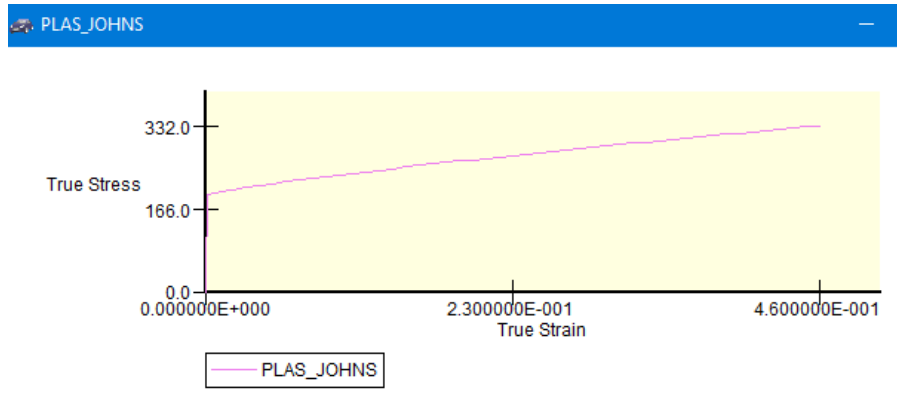
	Akma Bölgesinde Uzama Miktarı (%)	Maksimum Kuvvet (kN)	Çekme Dayanımı [R _m] (N/mm ²)
1	-	10,100	279,53
2	-	10,080	275,76
Ortalama	-	10,090	277,64

	Maksimum Üniform Uzama Yüzdesi (%)	Kopmadaki Uzama Yüzdesi [A ₈₀] (%)	Pekleşme Üsteli [n ₉₀] 0
1	24,270	47,470	2,00
2	24,050	45,020	1,89
Ortalama	24,160	46,240	1,95

	Plastik Gerinim Oranı [r ₉₀] 0	Dayanım Katsayısı [K ₉₀] (MPa)
1	0,170	442,200
2	0,170	435,690
Ortalama	0,170	438,940

⁶ Ermetal Otomotiv Ve Eşya Sanayi Tic. A.Ş., "Çekme Testi Raporu", 2019, s.2.

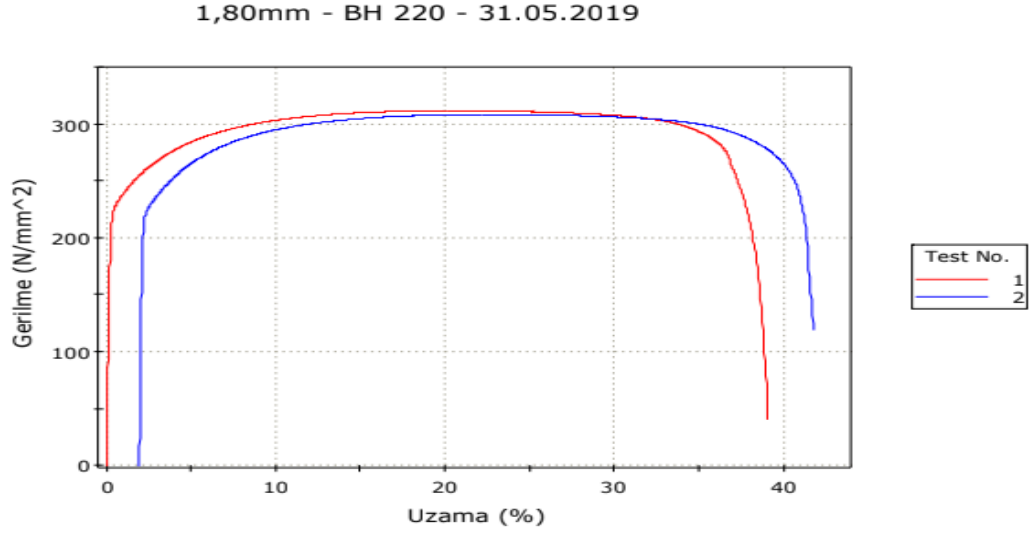
Info XRef ×	MAT ×
PLAS_JOHNS	
	
ID	1
Title	gxr1314
Local Unit System	None
[RHO_0] Initial density*	7.85E-9
[RHO_0] Reference density	0
[E] Young's modulus*	200000
[Nu] Poisson's ratio	.3
[flag] Flag for input type	1: New, simplified input type is active: Yield stress, U
[SIG_Y] Yield stress*	195
[UTS] UTS (engineering stress)	277
[EUTS] Strain at UTS EUTS	.24
[EPS_p_max] Failure plastic strain	.46
[SIG_max0] Plasticity maximum stress	0
[c] Strain rate coefficient	0
[EPS_DOT_0] Reference strain rate	0
[Fsmooth] Strain rate Smoothing	☐
[F_cut] Cutoff frequency for strain rate filtering	0
[Flag] Hardening coefficient(define between 0 and 1)	☒
[Chard] Hardening coefficient(define between 0 and 1)	.17



Şekil 3.13 GZR 1314 2/S'e Ait Malzeme Modellemesi

Tablo 3.3 FEE BH 220 2/S Kimyasal Bileşim⁷

Kimyasal Bileşim, Pota Analizi (%)									
C %	Mn %	P %	S %	Si %	Al %	Cu %	Cr %	Ni %	Mo %
0,002	0,339	0,030	0,009	0,006	0,040	0,032	0,043	0,047	0,005

**Şekil 1.14** FEE BH 220 2/S Gerilme-Uzama Eğrisi⁸

```

#---1---|---2---|---3---|---4---|---5---|---6---|---7---|---8---|---9---|---10---|
#- 2. MATERIALS:
#---1---|---2---|---3---|---4---|---5---|---6---|---7---|---8---|---9---|---10---|
/MAT/PLAS_JOHNS/1
bh220
#          RHO_I
#          7.85E-9
#          E          Nu          Iflag
#          200000      .3          1
#          SIG_Y      UTS          EUTS          EPS_p_max      SIG_max0
#          265        338          .21          .35          0
#          c          EPS_DOT_0      ICC          Fsmooth          F_cut          Chard
#          0          0          0          0          0          .19
#          m          T_melt          rhoC_p          T_r
#          0          0          0          0          0

```

Şekil 3.15 FEE BH 220 2/S Malzeme Modellemesi

⁷ Ermetal Otomotiv Ve Eşya Sanayi Tic. A.Ş., “Çekme Testi Raporu”, 2019, s.2.

⁸ Age, 2019, s.2.

Tablo 3.4 FEE BH 220 2/S'e Ait Çekme Sonuçları⁹

	Sac Numune Ortalama Kalinlık Degeri [a]	Sac Numune Ortalama Genislik Degeri [b] (mm)	Ilk Olcme Uzunlugu [L0] (mm)
1	1,810	20,920	80,107
2	1,810	20,920	80,139
Ortalama	1,810	20,920	80,123

	%0.2 Akma Dayanimi [Rp0.2] (N/mm ²)	Üst Akma Dayanimi [ReH] (N/mm ²)	Alt Akma Dayanimi [ReL] (N/mm ²)
1	225,050	-	-
2	221,830	-	-
Ortalama	223,440	-	-

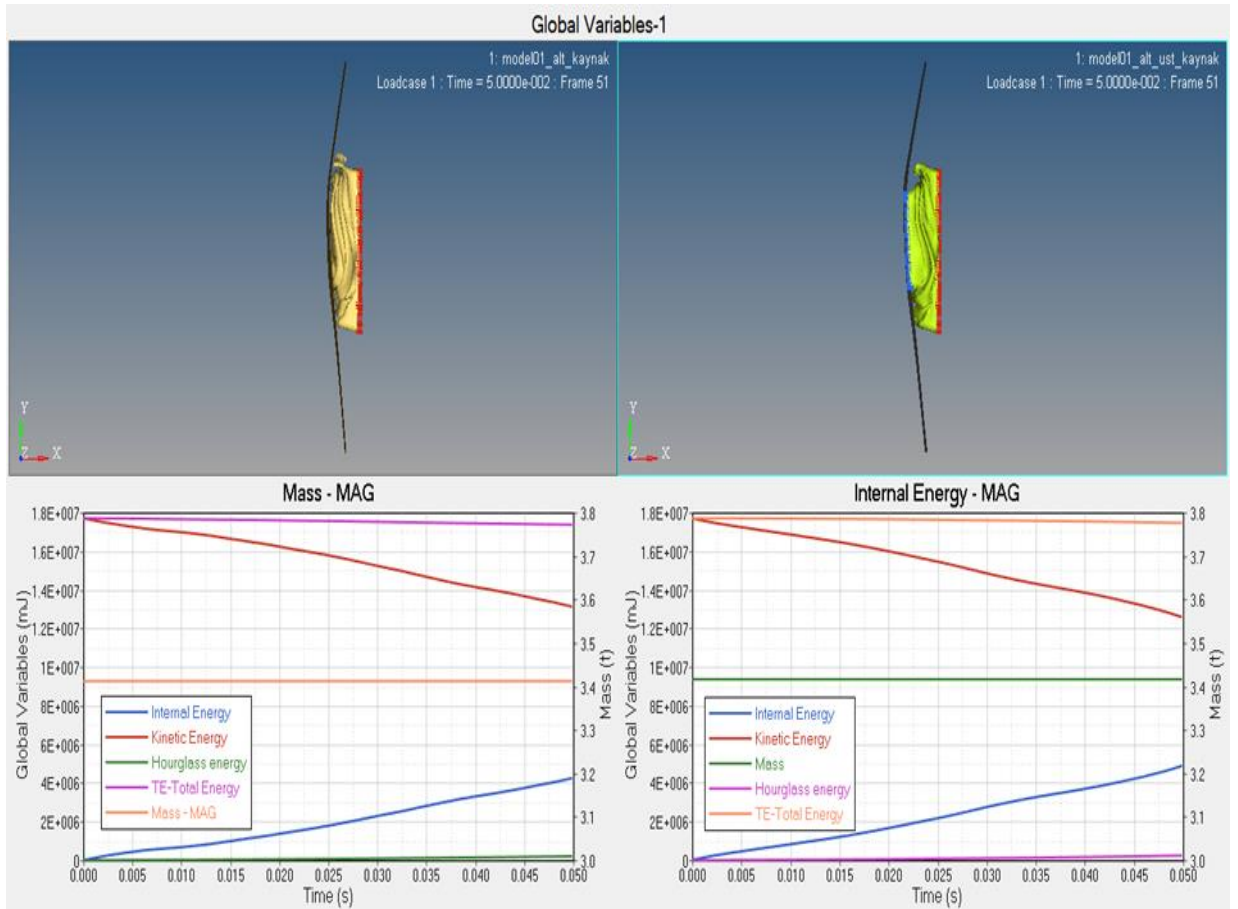
	Akma Bolgesinde Uzama Miktarı (%)	Maksimum Kuvvet (kN)	Çekme Dayanımı [Rm] (N/mm ²)
1	-	11,800	311,63
2	-	11,680	308,34
Ortalama	-	11,740	309,99

	Maksimum Üniform Uzama Yüzdesi (%)	Kopmadaki Uzama Yüzdesi [A 80] (%)	Peklesme Üsteli [n90] ()
1	20,600	39,040	0,15
2	20,830	39,820	0,15
Ortalama	20,720	39,430	0,15

	Plastik Gerinim Oranı [r90] ()	Dayanım Katsayısı [K90] (MPa)
1	1,270	480,750
2	1,530	474,180
Ortalama	1,400	477,470

⁹ Ermetal Otomotiv Ve Eşya Sanayi Tic. A.Ş., "Çekme Testi Raporu", 2019, s.2.

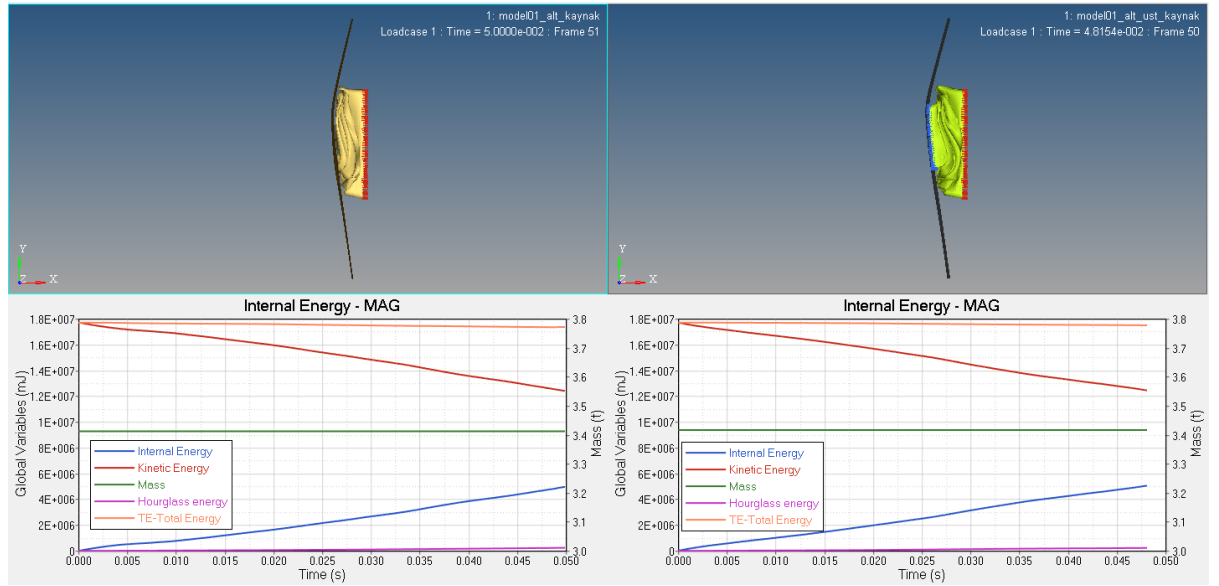
3.4.2 Tasarım 1 GZR 1314 2/S Analiz Sonuçları



Şekil 3.16 GRZ 1314 2/S Enerji Sönümlleme Eğrileri

- GZR 1314 2/S malzeme verileri ile, şekil değiştirme hızına bağlı kalmadan yapılan dinamik analizlerde, uç kısmının bir kaynak ile plakaya bağlı olduğu senaryoda, ucun bağlı olmadığı senaryoya göre %3 oranında bir fark gözlemlenmiştir.
- Kinetik enerjiler arasında fark iç enerji olarak malzeme bünyesinde depolanmıştır. Deformasyon şekli bakımından her iki ucu da kaynaklı olan senaryo %3 daha fazla enerji depolayabildiği için tercih edilmelidir.
- Parçalardan bu haliyle iki adet kullanılması durumunda toplam kinetik enerjinin karşılanamayacağı görülmekle beraber; malzeme kalınlığının artırılması durumunda iki adet aynı tasarımda parçanın toplam kinetic enerjiyi karşılayabileceği hesaplanmaktadır.

3.4.3 Tasarım 1 FEE BH 220 2/S Analiz Sonuçları ve Kıyaslamalar

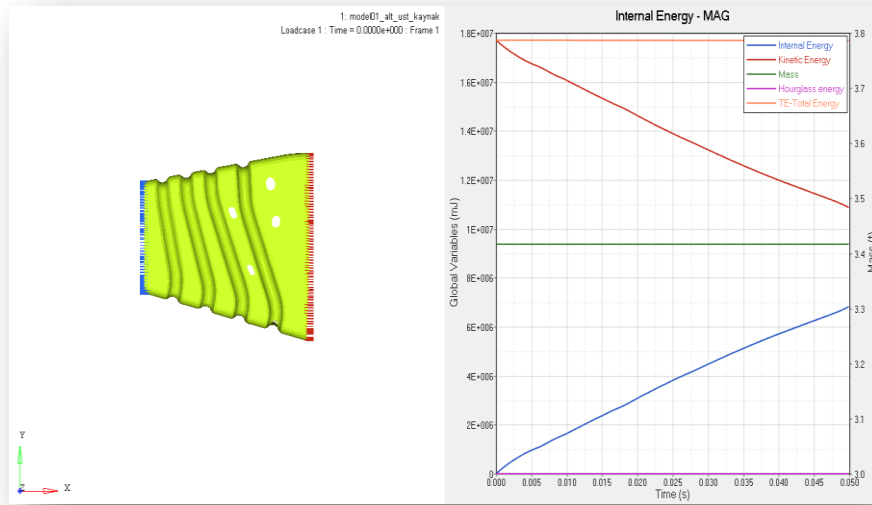


Şekil 3.17 FEE BH 220 2/S Enerji Sönümleme Eğrileri

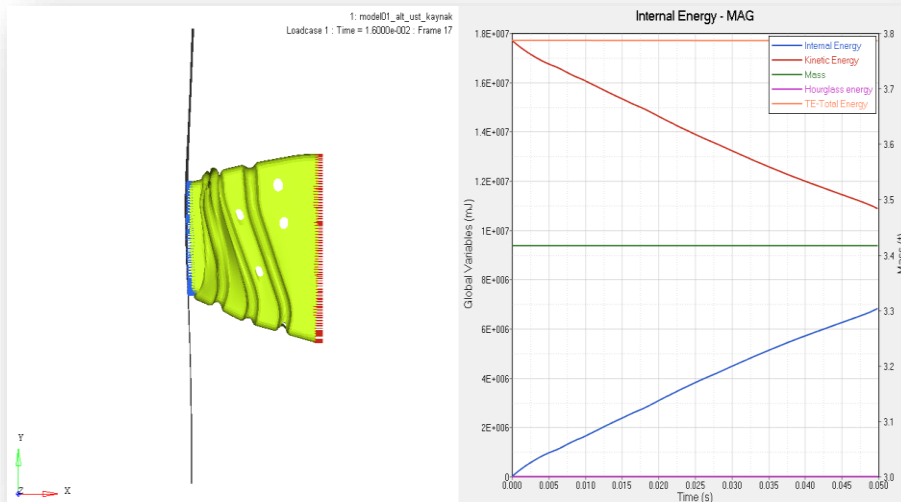
- BH220 malzeme verileri (malzeme kartının güncellenmesi ile) kullanılarak gerçekleştirilen analizler sonucunda, GZR1314 malzemesine göre kinetik enerjinin iç (internal) enerjiye dönüşümü bir miktar iyileşmektedir.
- GZR1314 kullanılarak yapılan analizlerde 13.117.506 J olan nihai kinetik enerji değeri, BH220 kullanılarak yapılan analizlerde 12.400.498 J olarak çıkmaktadır (üst uc açık olması durumu). Burada yüzde fark - %5.4'tür.
- Yine benzer şekilde üst ucun kaynaklı olduğu senaryoda ise GZR1314 ile elde edilen nihai kinetik enerji değeri 12.575.880J iken, BH220 ile elde edilen değer 12.438.885J olmuştur. Aradaki yüzde fark oldukça düşüktür (-%1).
- Tek modül tamponun yaklaşık olarak $1,8-1,2=0,6e+7$ J civarında enerji absorbe ettiği düşünüldüğünde, en az 3 adet tampon ile toplam enerji sönmünebilir gözükmektedir.

3.4.4 Revizyon 1-(Tasarım 1 FEE BH 220 2/S T=2,4mm)

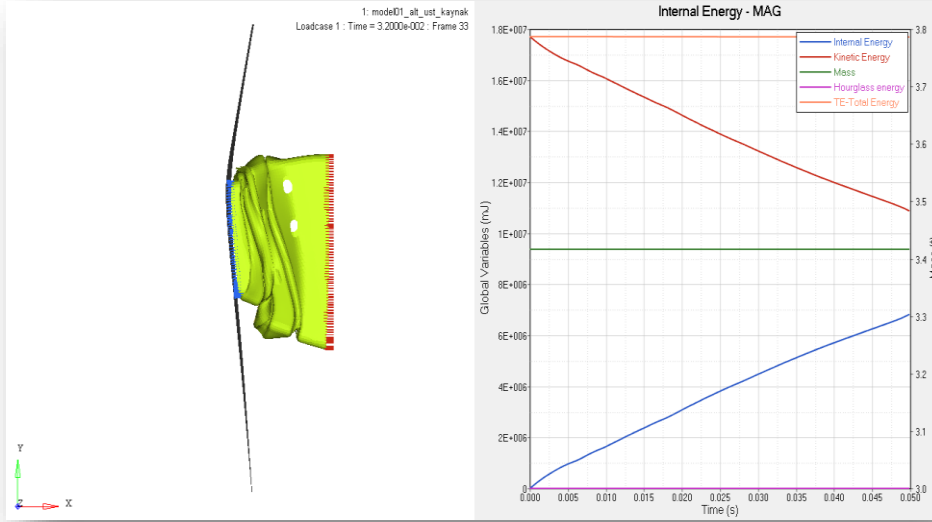
Başlangıç kinetik enerjisi olan 17.702.304 Joule, 10.868.241 Joule'e inmiştir (%38,60). Bu enerjinin 6.818.962 Joule'lük kısmı (%38,52) iç enerji olarak tamponda şekil değiştirme enerjisine dönüştürülmüştür. Toplam enerji ve kütle korunmuştur. Bu durumda 2 adet tampon kullanılması ile toplam enerji yeterli düzeyde sönümlenememektedir. Şekil 3.18'de sırasıyla ezilme görüntüleri yer almaktadır.



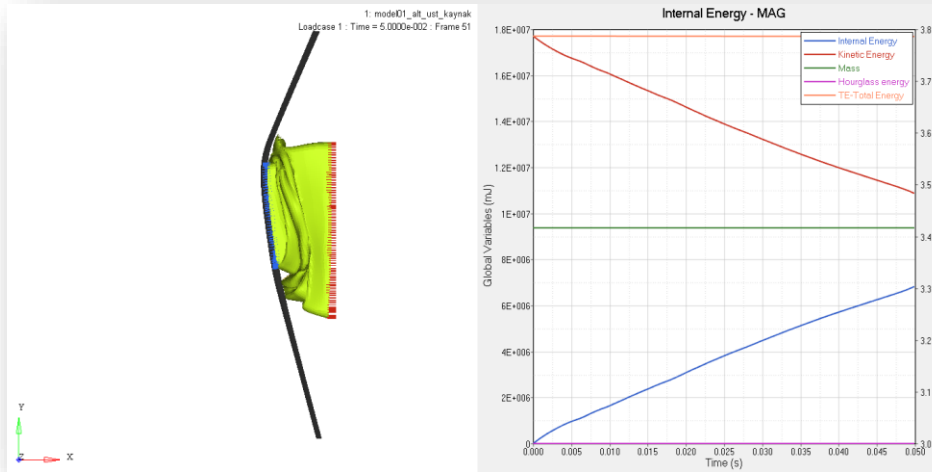
a.



b.



c.

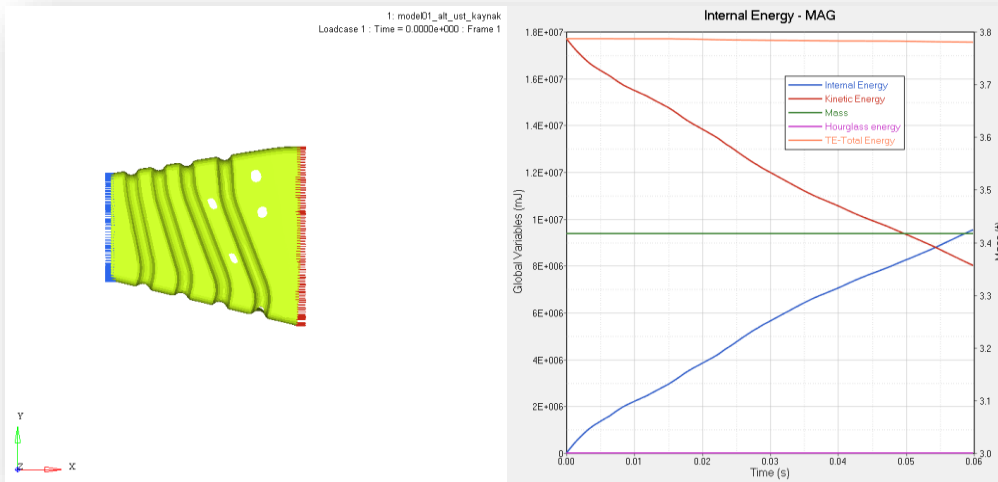


d.

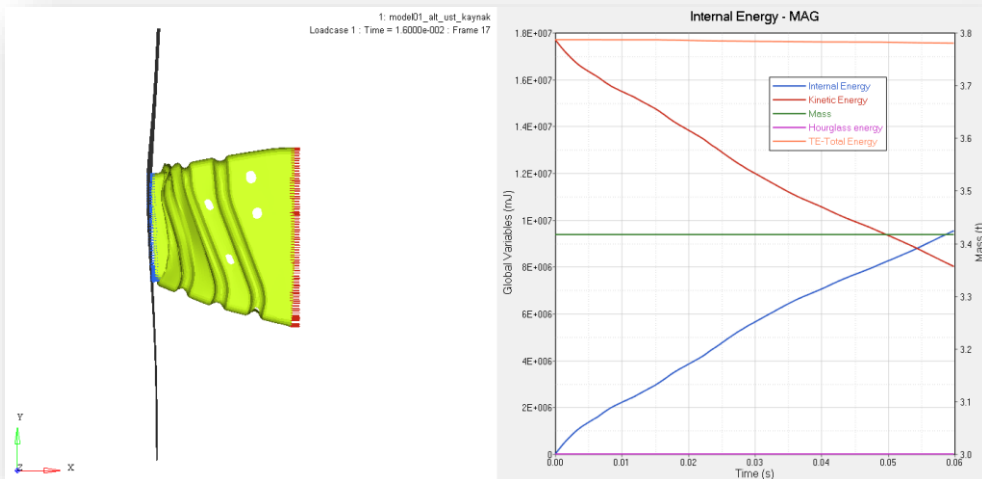
Şekil 3.18 Prototip BH 220 2S T=2,4mm Tampon Analiz Sonuçları (a'dan d'ye Ezilme Sırası)

3.4.5 Revizyon 2-(Tasarım 1 FEE BH 220 2/S T=3mm)

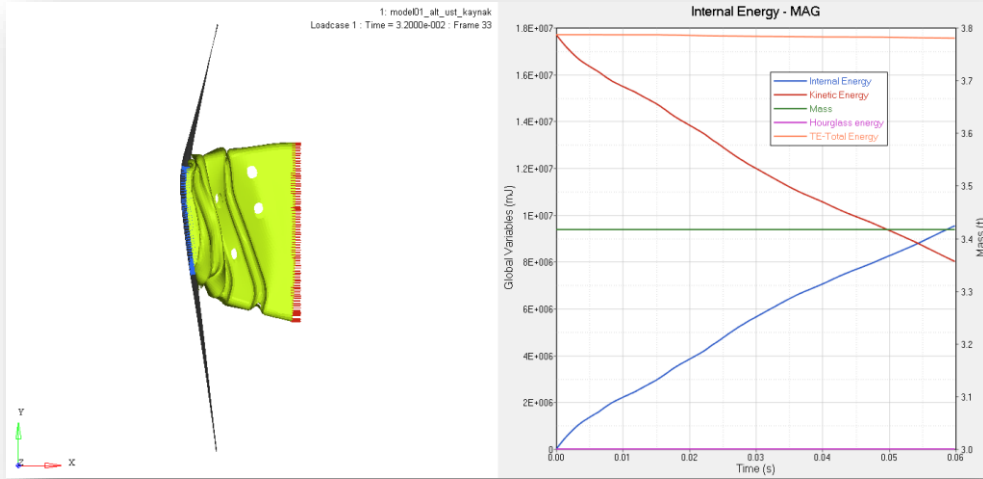
Başlangıç kinetik enerjisi olan 17.702.304 Joule, 8.012.462 Joule'e inmiştir (-%54,73). Bu enerjinin 9.537.518 Joule'lük kısmı (%53,87) iç enerji olarak tamponda şekil değiştirme enerjisine dönüştürülmüştür. Toplam enerji ve kütle korunmuştur. Bu durumda 2 adet tampon kullanılması ile toplam enerji yeterli düzeyde sönümlenebilmektedir. Şekil 3.19'de sırasıyla ezilme görüntüleri yer almaktadır.



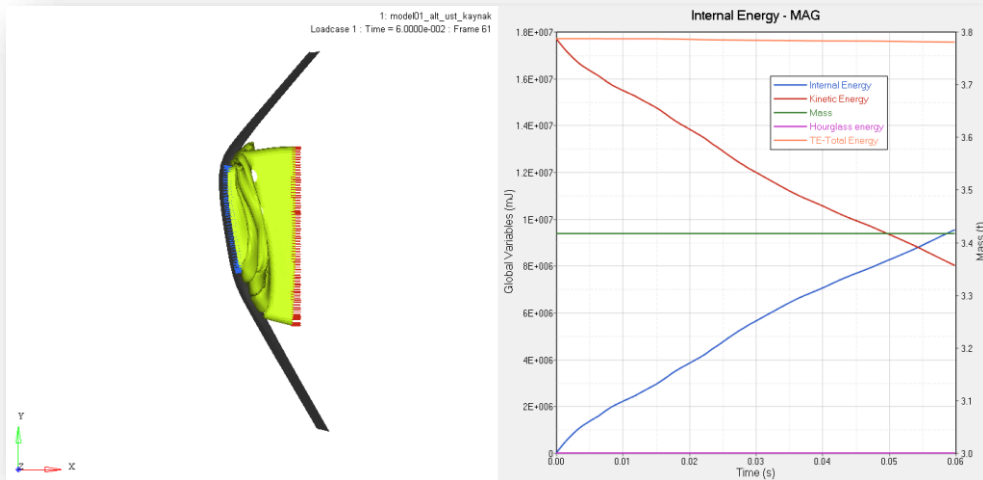
a.



b.



C.



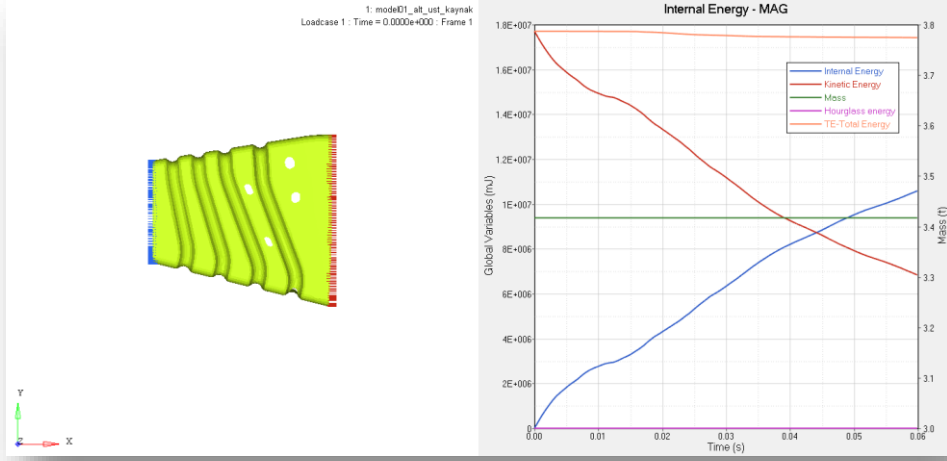
d.

Şekil 3.19 Tasarım 1 FEE BH 220 2/S T=3mm Tampon Analiz Sonuçları (A'dan D'ye Ezilme Sırası)

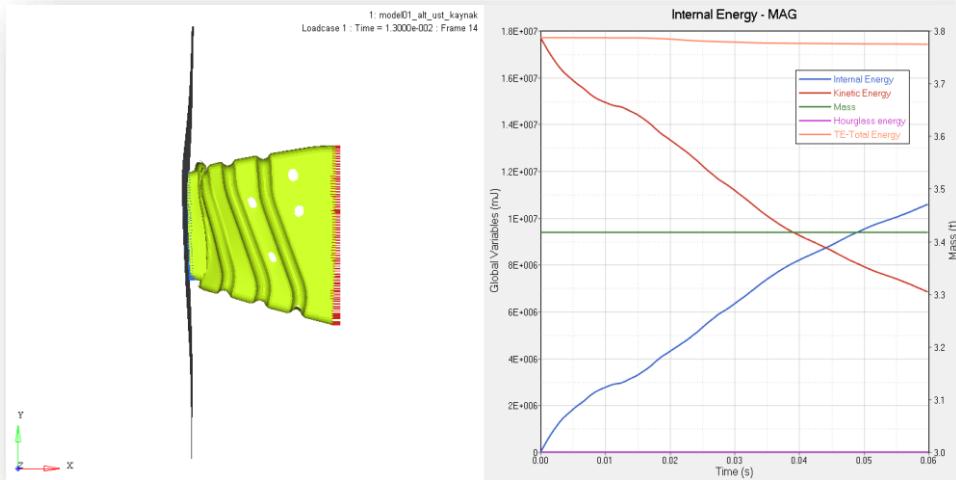
3.4.6 Revizyon 3-(Tasarım 1 FEE BH 220 2/S T=3,6mm)

Başlangıç kinetik enerjisi olan 17.702.304 Joule, 6.835.370 Joule'e inmiştir (-%61,38). Bu enerjinin 10.584.076 Joule'lük kısmı (%59,78) iç enerji olarak tamponda şekil değiştirme enerjisine dönüştürülmüştür. Toplam enerji ve kütle korunmuştur. Bu durumda 2 adet tampon kullanılması ile toplam enerji yeterli

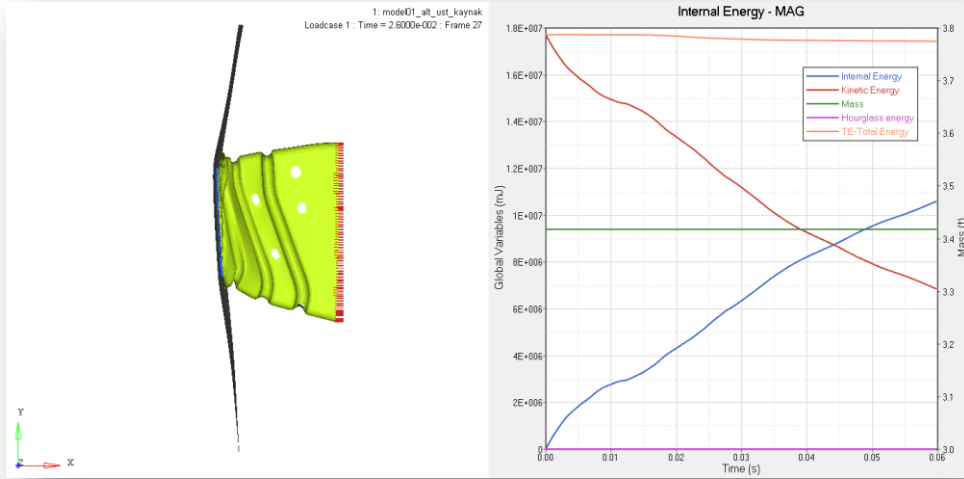
düzeyde sönümlenebilecektir. Şekil 3.20’de sırasıyla ezilme görüntüleri yer almaktadır.



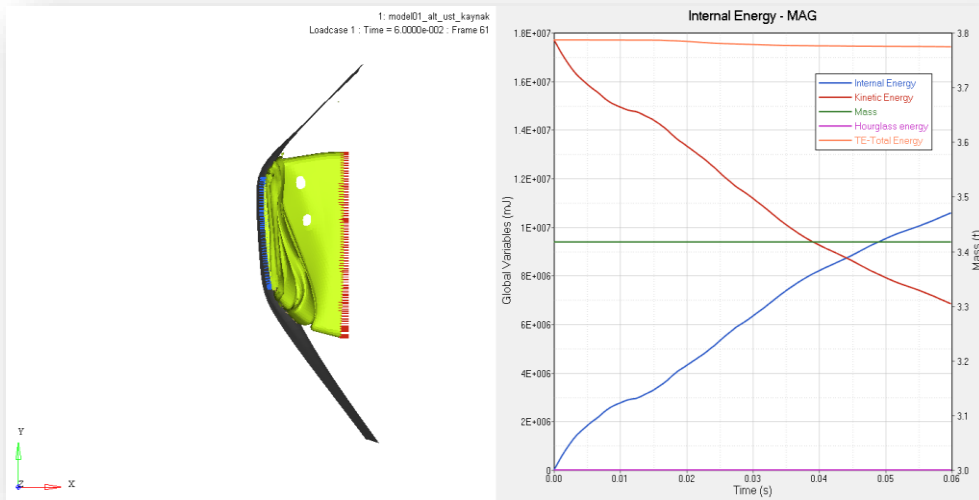
a.



b.



C.



d.

Şekil 3.20 Tasarım 1 FEE BH 220 2/S T=3,6mm Tampon Analiz Sonuçları (a'dan d'ye Ezilme Sırası)

3.5 Tasarım 2

Tasarım-2 olarak adlandırılan daha farklı geometriye sahip çarpışma kutusu için değerleri daha iyi çıkan FEE BH 220 2/S-1,80mm malzeme kullanılmasına karar verilmiştir. Alt ve üst ucu kaynaklanmış plakadan oluşan ve sadece alt ucu kaynaklanmış plakadan oluşan ve modellerde çok fazla bir fark oluşmadığı için alt ve üstü kapalı model için tasarıma devam edilmiştir. Ayrıca iki tampon kullanım durumu için sağ ve sol olarak iki ayrı tasarım yapılmıştır. Şekil 3.21 ile Şekil 3.28 arasında Tasarım-2 olarak adlandırılan parçanın üretilmiş halinin farklı yönlerden fotoğrafları gösterilmiştir.



Şekil 3.21 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Yan Görünüş



Şekil 1.22 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Ön Görünüş



Şekil 3.23 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Arka Görünüş



Şekil 3.24 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sağ Tampon Yan Görünüş



Şekil 3.25 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Ön Görünüş



Şekil 3.26 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Yan Görünüş



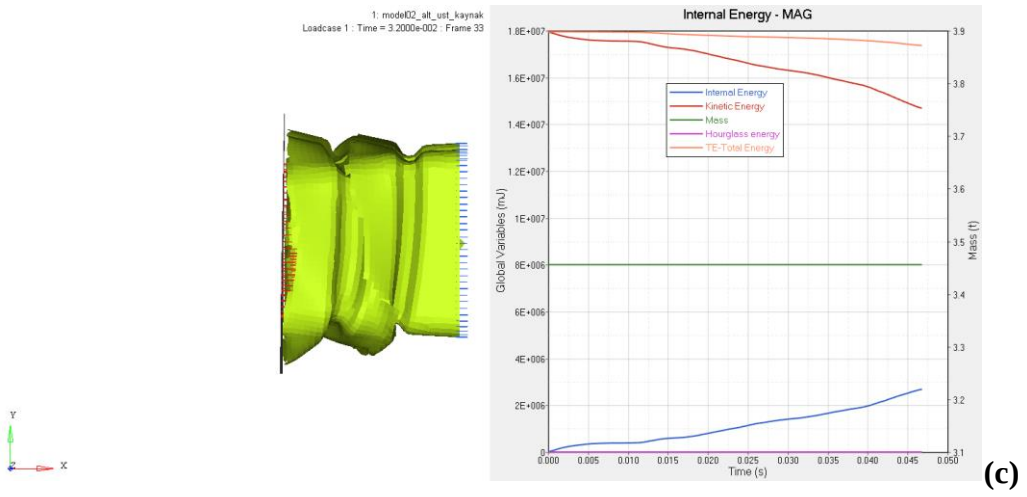
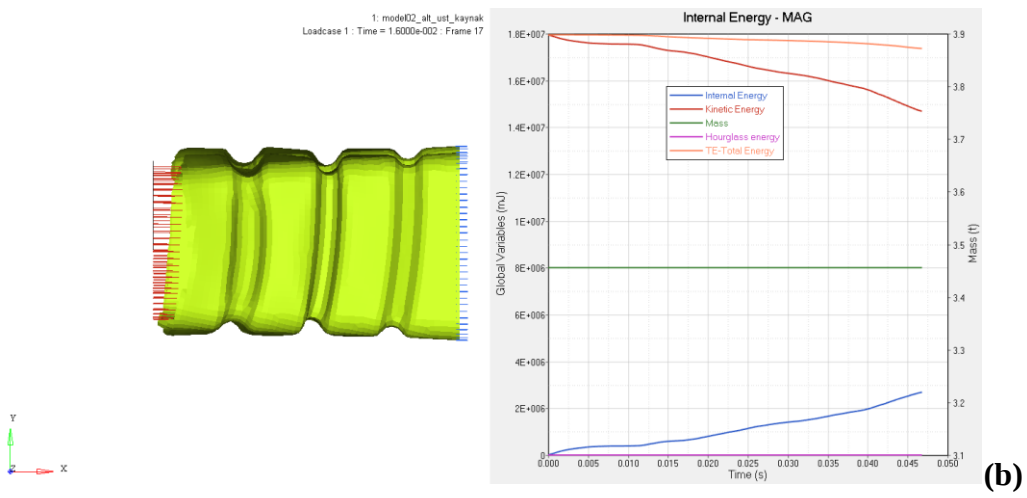
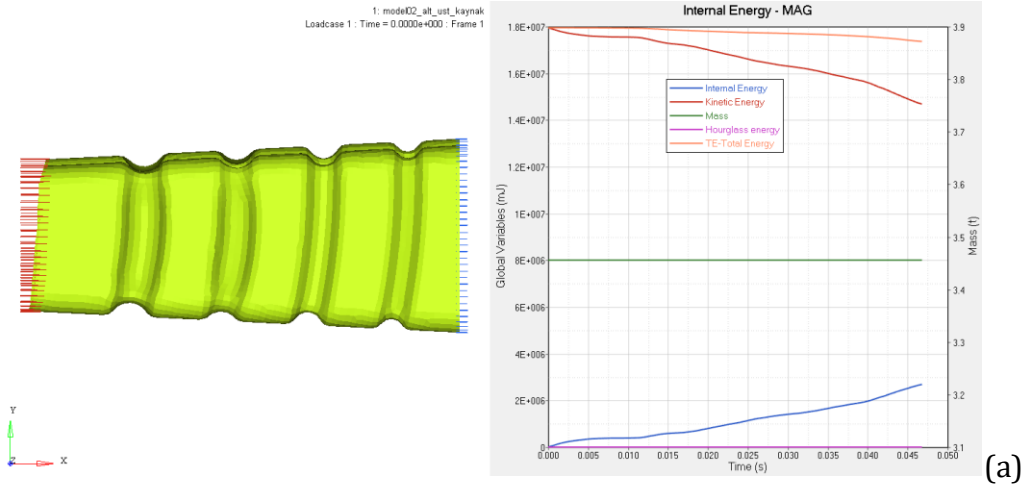
Şekil 3.27 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Arka Görünüş

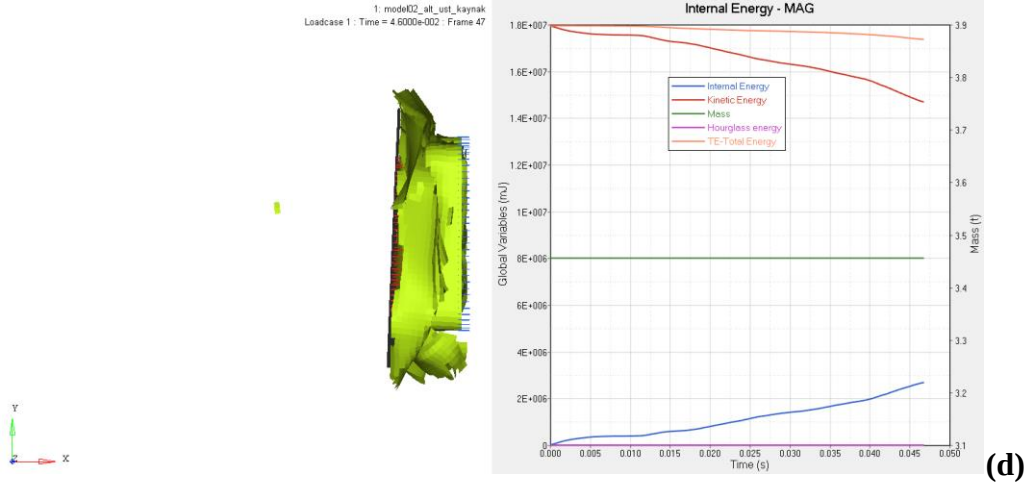


Şekil 3.28 Alt ve Üst Ucu Plakalı Sol Tampon Yan Görünüş

3.5.1 Tasarım 2 FEE BH 220 2/S Analiz Sonuçları

Başlangıç kinetik enerjisi olan 17.949.432 Joule, 14.683.479 Joule'e inmiştir (-%18,19). Bu enerjinin 2.683.024 Joule'lük kısmı (%14,94) iç enerji olarak tamponda şekil değiştirme enerjisine dönüştürülmüştür. Toplam enerji ve kütle korunmuştur. Bu durumda 2 adet tampon kullanılması ile toplam enerji yeterli düzeyde sönmelenmemektedir.

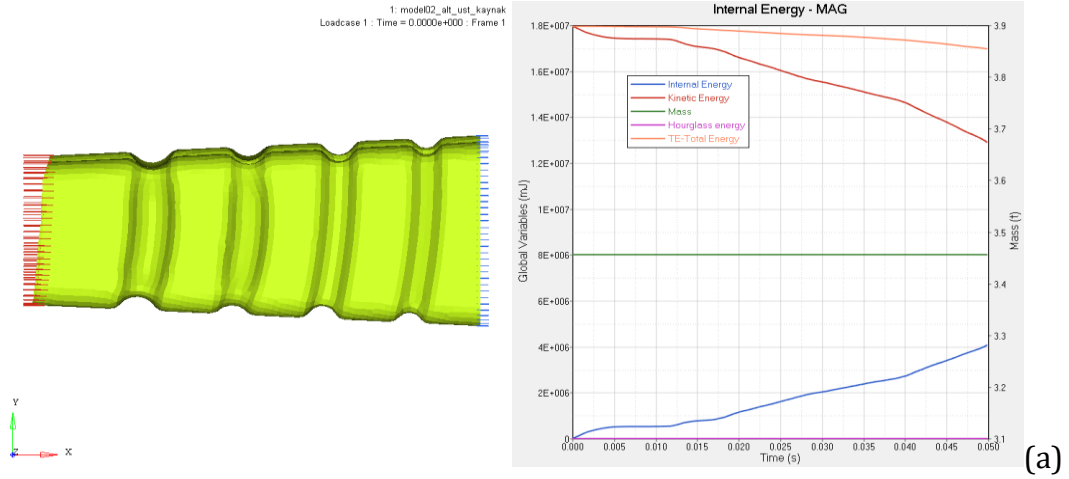


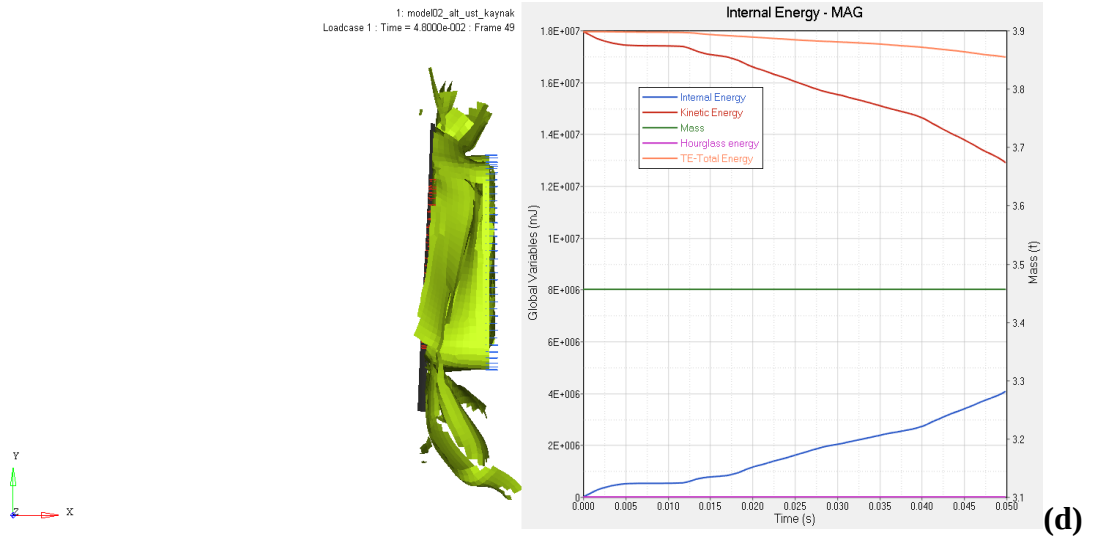
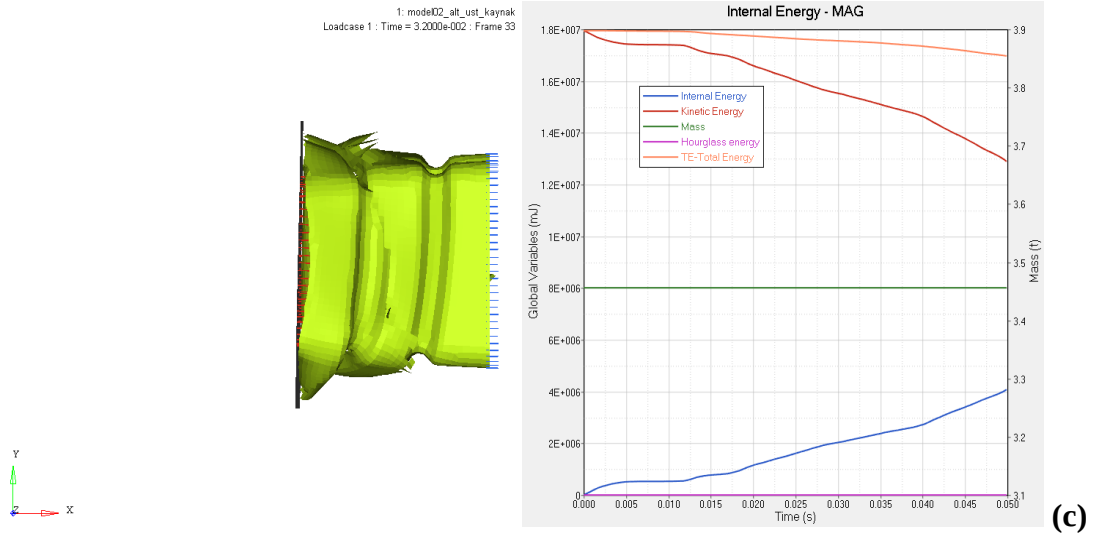
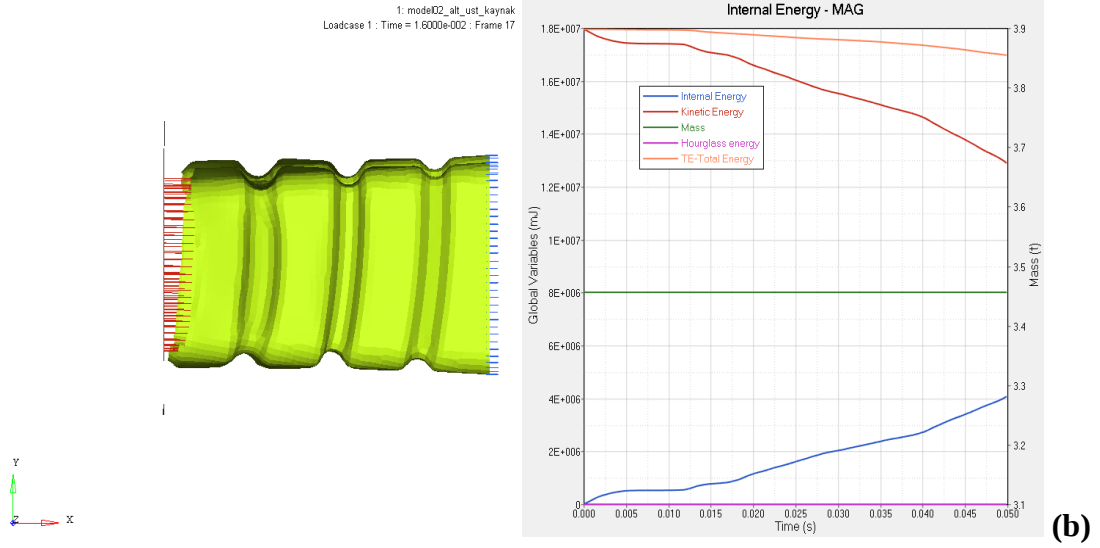


Şekil 3.29 Tasarım 2 FEE BH 220 T=1,8 Modellemesi (a'dan d'ye Ezilme Sırası)

3.5.2 Revizyon-1 (Tasarım 2 FEE BH 220 2/S T=2,4mm)

Başlangıç kinetik enerjisi olan 17.949.432 Joule, 12.894.366 Joule'e inmiştir (%28,16). Bu enerjinin 4.076.911 Joule'lük kısmı (%22,71) iç enerji olarak tamponda şekil değiştirme enerjisine dönüştürülmüştür. Toplam enerji ve kütle korunmuştur. Bu durumda 2 adet tampon kullanılması ile toplam enerji yeterli düzeyde sönümlenememektedir.

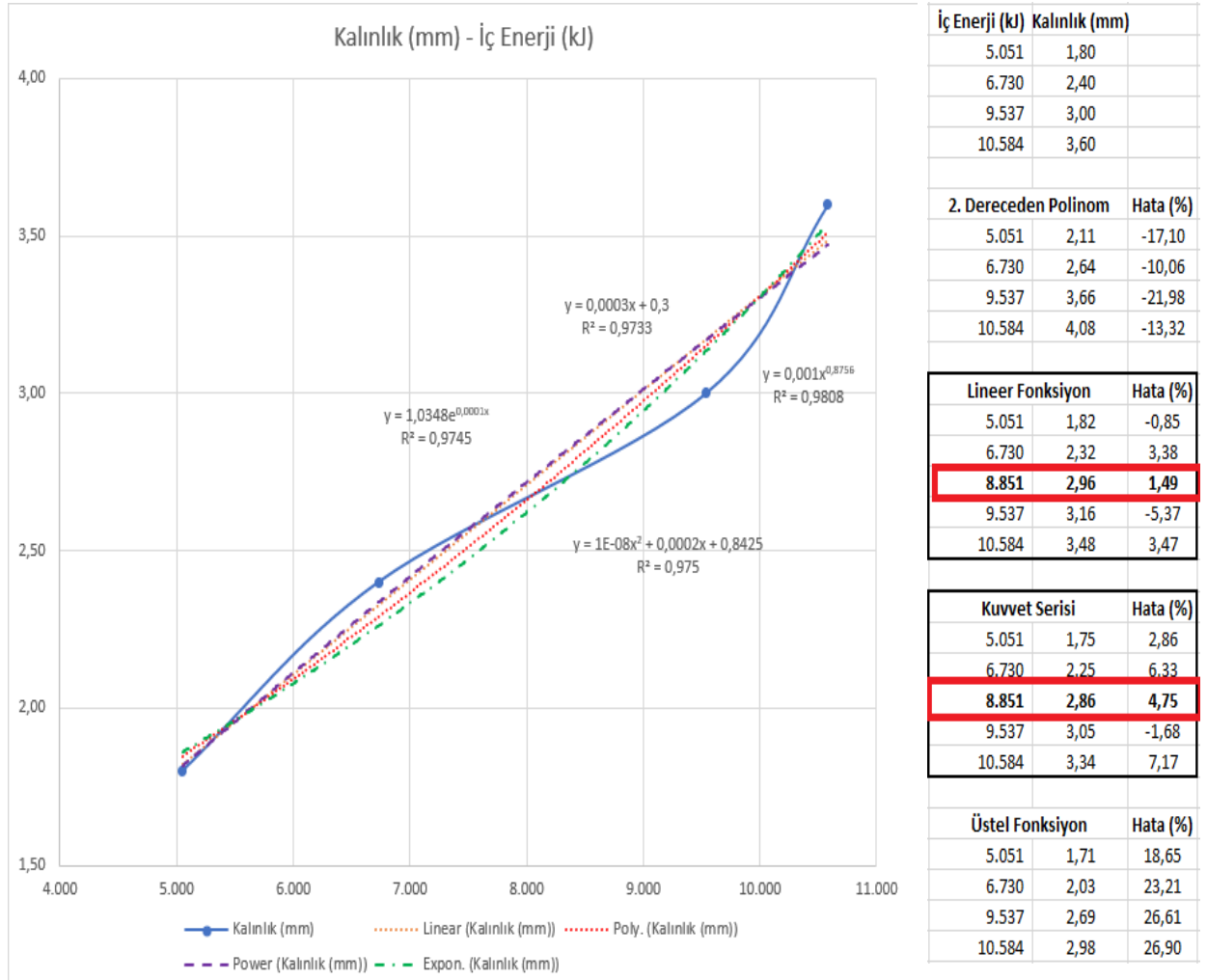




Şekil 3.30 Tasarım 2 Revizyon-1 FEE BH220 2/S T=2,4mm Modellemesi

3.6 Optimum Kalınlık Hesaplaması

Yapılan analiz sonuçlarında BH 220 2/S ve dikdörtgen kesitli tasarımın daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu nedenle ilgili tasarım ve malzeme ile optimum kalınlık hesaplaması yapabilmek adına x-y ekseninde iç enerji-kalınlık grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 3.31 Kalınlık Modellemesi ve Denklemler

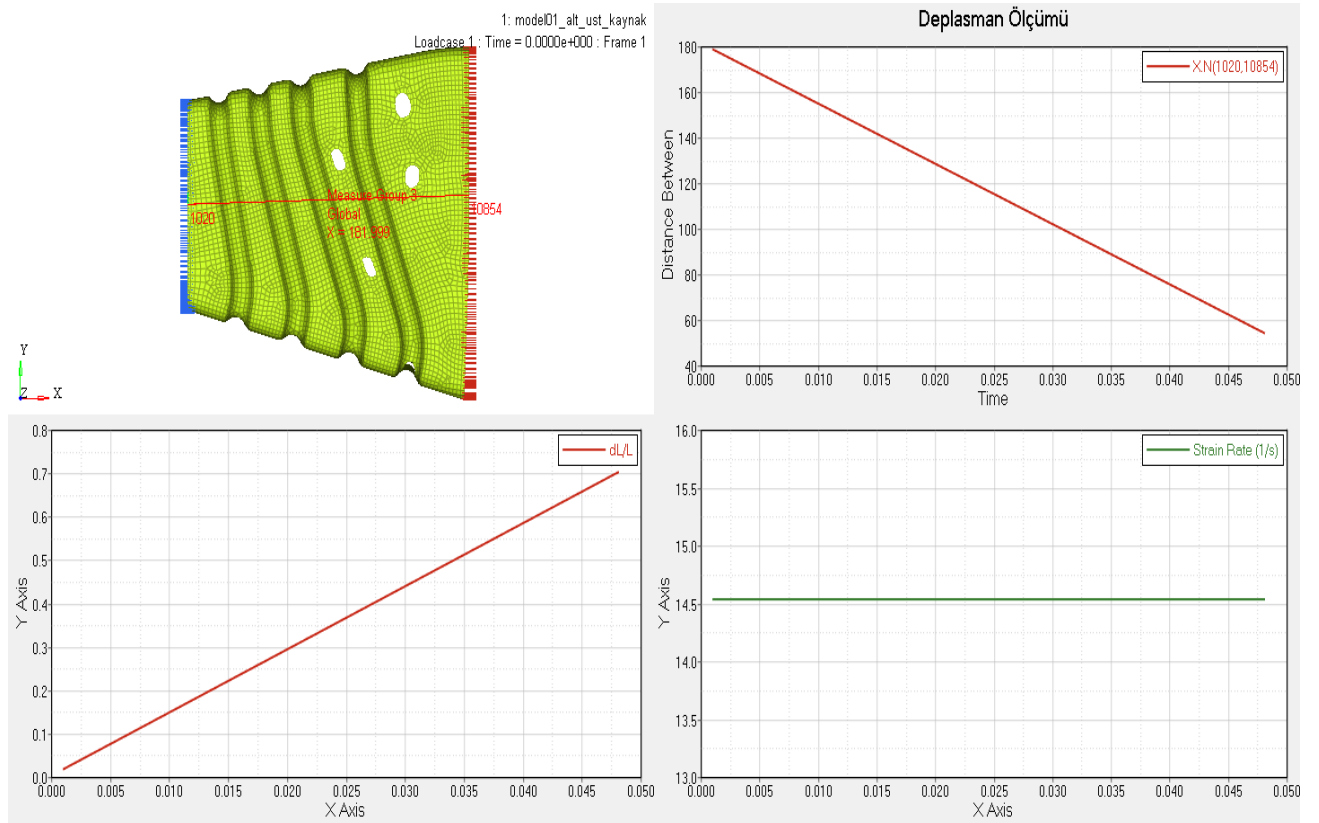
Şekilde görüldüğü üzere ikinci dereceden polinom, lineer fonksiyon, kuvvet serisi ve üstel fonksiyon olarak denklemler çıkarılmış ve tabloda görüldüğü üzere optimum kalınlıklar belirlenmiştir.

İkinci dereceden polinom ve üstel fonksiyonda hata değerleri fazla görüldüğünden lineer fonksiyon ve kuvvet serisi olarak formüle edilmiş denklemler baz alınmıştır. Başlangıç kinetik enerjisinin 17.949.432 Joule olduğu düşünülürse iki tamponla

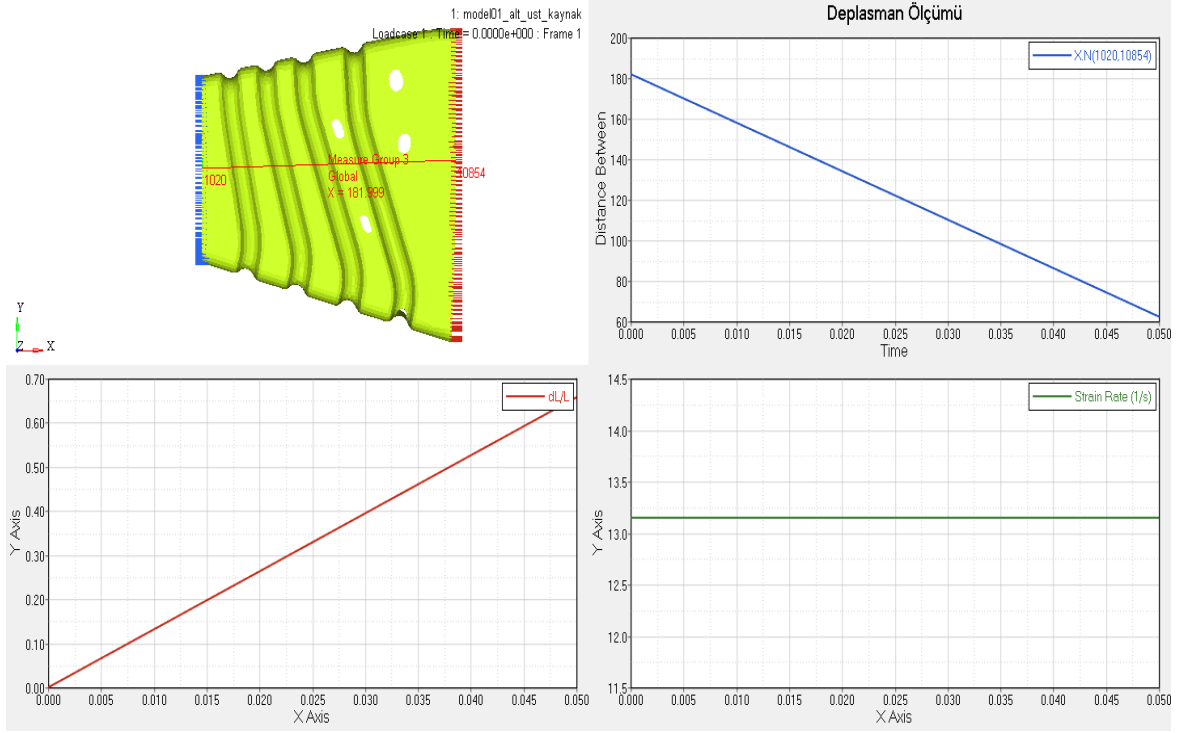
sönümlleme sağlayabilen minimum malzeme kalınlığı lineer fonksiyon verilerine göre 2,96 mm gelirken kuvvet serisi olarak 2,86 mm gelmektedir. Hata oranı lineer fonksiyonda daha düşük olup, minimum parça kalınlığı yaklaşık 3mm olarak belirlenmiştir.

3.7 Gerinim Hızı

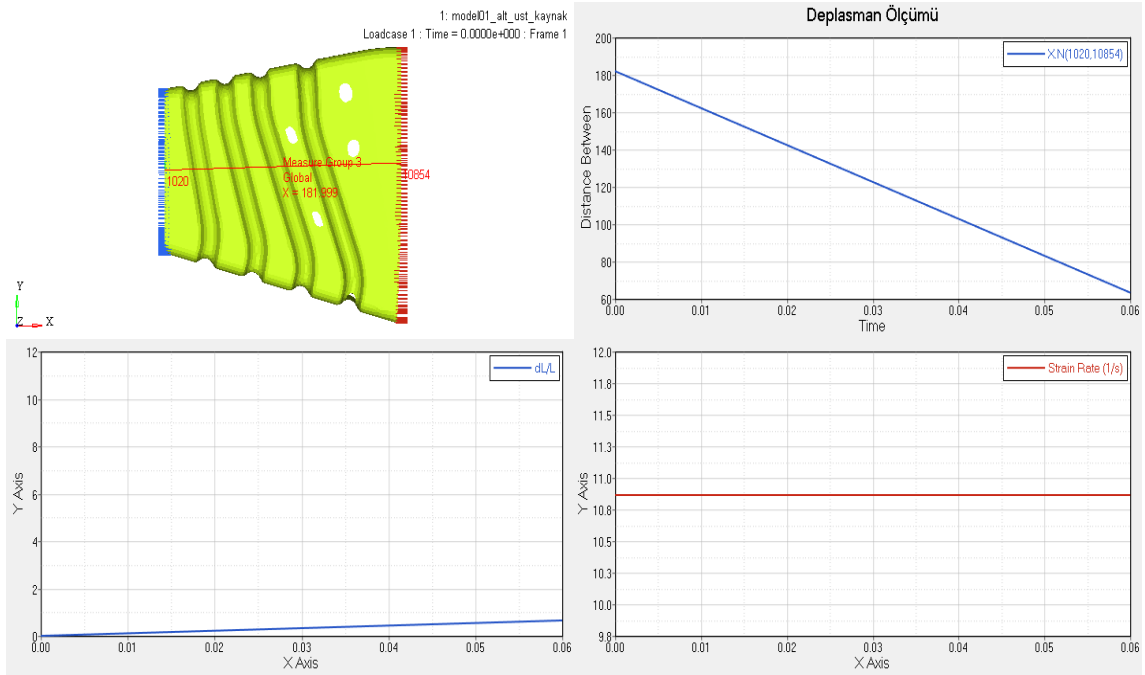
Tasarımı yapılan tamponun söz konusu 1,8 mm, 2,4 mm, 3,0 mm ve 3,6 mm kalınlıklar için deplasman değişim oranı çıkarılmış ve gerinim hızları BH220 2/S dikdörtgen kesitli tasarımın analiz sonuçları üzerinden hesaplanmıştır. Kalınlık arttıkça gerinim hızının da azaldığı ilgili analiz sonuçlarından görülmektedir.



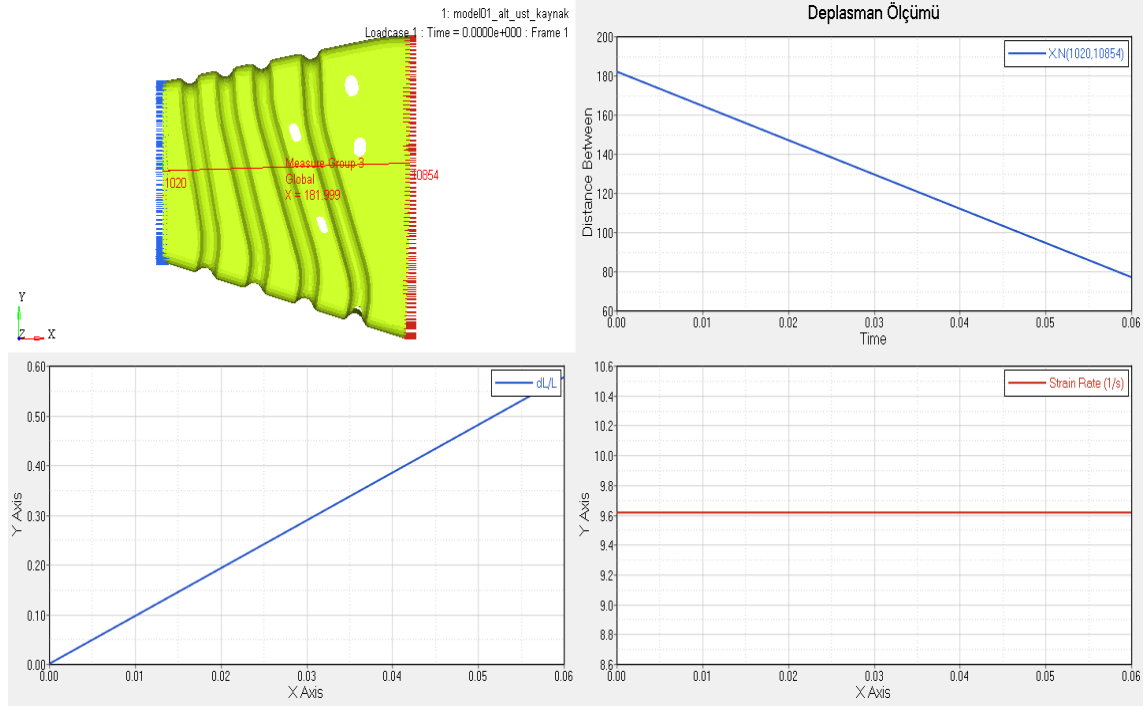
Şekil 1.32 BH220 2/S 1,8 mm Kalınlık



Şekil 3.33 BH220 2/S 2,4 mm Kalınlık



Şekil 3.34 BH220 2/S 3 mm Kalınlık



Şekil 3.35 BH220 2/S 3,6 mm Kalınlık

Öncelikle bu tez asansör sektörüne yeni bir güvenlik bileşeni kazandırmak ve güvenlik olgusu ile ilgili farkındalık yaratmak amacını taşımaktadır. Ayrıca tez hazırlama aşamasında literatür taraması yapılırken fark edilmiştir ki asansör kabin ve karşı ağırlık tamponları ile ilgili güvenlik meselesini odağına alan bilimsel çalışmalar oldukça azdır. Asansör sistemleri, kabin tamponu, karşı ağırlık tamponu gibi anahtar kelimeler seçilerek arama yapıldığında konu bazında bilimsel araştırmaların çok az olduğu görülecektir. Ayrıca çarpma kutularının asansör tamponu için kullanılması fikri ilk kez bu tez ile savunulmuştur. Bu sebeple tezin sektördeki bileşen imalatçılarına ve akademik literatüre kaynak olacağını umuyorum.

Tez çalışmalarında yeni bir asansör tampon önermesinde bulunurken, bunun tamamen farklı prensipte kinetik enerji soğurması yapması yenilikçi yön olarak esas alınmıştır. Çelik sac malzemelerin deformasyonunun kısmen elastik ve kısmen de plastik alanlarda gerçekleştiği bilinmektedir. Asansör tamponu olarak önerilen çarpma kutuları kabin düşmesi halinde enerjinin çok büyük bir bölümünü plastik alan deformasyonu ile yutacaktır. Geri sıçramayı yaratacak olan elastik alan(rezilyans) etkisi ise örneğin kauçuk tamponlara göre çok düşük kalacaktır. Kabindekilerin güvenliğini arttırıcı çok önemli bir yön de budur. Söz konusu mukayese bir dereceye kadar hidrolik tamponlar için de öngörülmektedir. Çünkü sıvıların sıkıştırılabilirliği bindelik mertebesinde olup çok düşüktür. Dolayısıyla rijit cisim gibidir. Orifisin delik çapına bağlı olmakla birlikte, hidrolik sistemin de önerilen çarpma kutularının enerji yutma özelliğini sağlayamayacağı ortadadır. Dolayısıyla tez konusu olan çarpma kutuları güvenlik açısından açık ara önde olacaktır. Bu da bu tezin esas amacı olan güvenlik risklerinin azaltılması hususunda olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Çelik saclardaki iki ve üç fazlı (DP, TRIP) geliştirmeler, elastik ve plastik alanlar ile mukavemet özelliklerine olan hakimiyeti arttırmıştır. Bu seçim imkanı da ilave

edildiğinde çarpma kutulu tamponların emniyet; geometri ve deformasyon miktarı belirlenmesi ile de konfor açısından daha kullanışlı olabileceğini göstermektedir. Tez içeriğinde bütün bunlar tartışılmıştır.

İçerikte yer alan deformasyon analizleri, herhangi bir asansörü güvenle çalıştırabilecek çarpma kutulu tamponun malzeme seçimi ile tasarımını gerçekçi bir yaklaşımla çözmüş bulunmaktadır. Yapılmış olan muhtelif deney simülasyonları ve alınan sonuçlar bu tez ile ortaya konan analiz sisteminin başarısını göstermektedir. Sistem, girilen input parametrelerine ve belirlenmiş boyutlandırmalara göre çarpma kutulu tamponları test edebilmektedir. Yutulması gereken kinetik enerji miktarının hangi deformasyon yolu boyunca soğurulacağı bu testler sırasında belirlenebilmektedir. Aynı zamanda deformasyon simülasyonları da izlenebilmektedir.

Tez kapsamında tasarımları gerçekleştirilen çarpma kutularının imalatı da yapılmıştır. Bunların gerçek bir test kuyusunda ezilmesi bir yüksek lisans tezinin boyutlarını aşmaktadır. Her şeyden önce asansör tampon test standardının ve test kuyularının serbest düşüme göre düzenlenerek donatılması gerekmektedir. Bu ise büyük destek gerektiren bir sanayi projesidir. Son söz olarak ifade etmek gerekirse analizlere dayalı testler vasıtasıyla kutu modellerinin imal edilebilirliğinin gerçekleştirilmesi tezin uygulamalarını göstermektedir. Bütün bunlar asansör sektörünün tercihini belirlemesi ve denemeye değer görmesi açısından fazlası ile yeterli görülmektedir. Bunun yanında tip sertifikası alınması ile standart dışı olsa dahi kullanım alanı yaratılabilecek bu çarpışma kutuları için Liftinstituut firması ile görüşülerek maliyetinin karşılanması kaydı ile sertifikanın alınabileceği belirlenmiştir. Yukarıda da belirtildiği gibi ancak bir sanayi projesi kapsamında sertifika bedelini karşılamak mümkün olabilecektir.

Analizler için iki farklı tasarım(kare ve dikdörtgen) yapılmış ve iki farklı malzeme(FEE BH220 2/S ve GRZ 1314 2/S) tipinde davranışlar izlenmiştir. Analiz sonuçları Tablo 4.1’de yer almaktadır. Görüleceği üzere 4 numaralı analizde kullanılan dikdörtgen kesitli FEE BH220 2/S malzeme, 3mm kalınlık ile optimum iki tampon kullanılarak çarpma esnasında gerekli sönümlemeyi sağlamaktadır. Bu sonuçlar doğrultusunda çarpma kutuları için şunu söylemek mümkündür: Kare

kesitli çarpma kutuları yerine dikdörtgen kesitli çarpma kutuları, GRZ 1314 2/S malzemeye göre ise FEE BH220 2/S malzeme tipi sönümlleme kabiliyeti açısından daha elverişlidir. İlerleyen safhalarda veya farklı akademik çalışmalar ile; parça kalınlıkları, tasarım ve malzeme değişikliği yapılarak da farklı çalışmalar yürütülebilmesi mümkündür.

Tablo 4.1 Analiz Sonuçları

Analiz No	Tasarım	Sac Kalınlığı	Malzeme	BKE ¹⁰ (kJ)	NKE ¹¹ (kJ)	IE ¹² (kJ)	NTE ¹³ (kJ)	Hata ¹⁴ (%)
1	Tasarım-1	1,8mm	GZR 1314 2/S [18]	17.702	12575	4883	17459	1,4
2	Tasarım-1	1,8mm	FEE BH 220 2/S ¹⁵	17.702	12438	5051	17489	1,2
3	Tasarım-1	2,4mm	FEE BH 220 2/S	17.702	10868	6730	17687	0,1
4	Tasarım-1	3 mm	FEE BH 220 2S	17.702	8012	9537	17549	0,8
5	Tasarım-1	3,6 mm	FEE BH 220 2S	17.702	6835	10584	17419	1,6
7	Tasarım-2	1,8mm	FEE BH 220 2/S	17.951	14683	2683	17366	3,2
8	Tasarım-2	2,4mm	FEE BH 220 2/S	17.951	12894	4076	16971	5,4

Bu projenin ilerleyen safhalarında bir tür çelik sacdan (sac tampon) kap olan yeni çarpma plakası tampon içinde köpürtme (alüminyum köpük dolgu) yapılarak da

¹⁰ Başlangıç kinetik enerjisi.

¹¹ Nihai kinetik enerji.

¹² İç enerji.

¹³ Nihai toplam enerji.

¹⁴ Hata değeri hourglass enerjisi ve diğer enerji hatalarını içermektedir.

¹⁵ U.S. Standart ölçüleri 52814

dinamik analiz yapılması planlanmaktadır. Bu ilk kez yapılacak olan yenilikçi uygulamalardan bir diğeridir. Ayrıca kabin içerisine yerleştirilecek bir manken simülasyonu ile yolcuya gelebilecek hasar hesaplanması planlanmaktadır. Destek bulunduğu takdirde ise patent başvurusu ve tip sertifikası başvurusu yapılacaktır.

- [1] T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü, Sektörel Raporlar ve Analizler Serisi, “Asansör Sektörü Raporu”, s.5., 2019.
- [2] A. Wray, S. Coldrick, J. Statham, I. Ferguson ve M. Smith, “Technical assessment of means of preventing crushing risks on lifts subject to directive 95/16/EC”, Hazard Reduction Group, 2007.
- [3] Schindler, Basic Elevator Know-How, 2009.
- [4] “Elevator World Turkey”, Erişim:
URL: http://www.elevatorworld.com.tr/z_asansorlerde_tamponlar.aspx
(Erişim Tarihi; 5 Mart 2019).
- [5] Schindler, “IMS Field Documentation”, 2018.
- [6] Türk Standardları Enstitüsü (TSE), “TS EN 81-20/50 : Asansörler - Yapım ve montaj için güvenlik kuralları - İnsan ve yük taşıma amaçlı asansörler - Bölüm 20: İnsan ve yük asansörleri”, Ankara, Ekim 2014.
- [7] T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü, Sektörel Raporlar ve Analizler Serisi, “Asansör Sektörü Raporu”, 2019.
- [8] Has Elevator,” Hydraulic Buffer Instalation And Usage Manual”, Bursa, 2017.
- [9] L. Morello, L.R. Rossini, G. Pia ve A. Tonoli, The Automotive Body, 1st ed. , Springer, 2011.
- [10] M. Ambrozinski, K. Bzowski, L. Rauch, M. Pietrzyk ve Arch. Civ. “From High Accuracy to High Efficiency in Simulations of Processing of Dual-Phase Steels,” vol.45, no. 2, pp. 497-506, 2012.
- [11] M. Altın ve H.S. Yücesu., “Farklı geometrik yapılardaki çarpışma kutularının içerisine yerleştirilen alüminyum köpük malzemenin enerji sönümleme kapasitesi üzerine etkisinin incelenmesi,” vol. 22, pp.141-148, 2019.
- [14] N.S.B. Yusof, S.M. Sapuan, M.T.H. Sultan M. Jawaaid ve M.A Maleque “Design and materials development of automotive crash box: a review”, vol. 29, pp. 129-144, 2017.
- [15] A.G. Hanssen, “Optimum design for energy absorption of square aluminium columns with aluminium foam filler”, International Journal of Mechanical Sciences, vol. 43, pp 153-175, 2001.
- [16] Türk Standardları Enstitüsü , “TS EN 81-50 : Asansörlerin yapımı ve kurulumu için güvenlik kuralları - İnceleme ve deneyler - Bölüm 50: Asansör bileşenlerinin tasarım kuralları, hesaplamaları, incelemeleri ve deneyleri,” , 2014.

- [17] O.M. Qureshi, Z. Qaiser, K. A. Awan ve Enrico Bertocchi, "Frequency embedded box beam crash absorbers under oblique impacts", International Journal of Mechanical Sciences, vol 75, s. 1-7, 2014.
- [18] EN 10346:2015 Sıcak daldırmayla sürekli olarak kaplanmış çelik yassı mamuller - Teknik teslim şartları,2015.
- [19] Memduh Kara, "Düşük Hızlı Darbeye Maruz Tabakalı Kompozitlerin Dinamik Cevabı", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya,2006.