



TARSUS
ÜNİVERSİTESİ

T.C.
TARSUS ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ASKERİ ARAÇLARDA KULLANILAN MOTOR VE ŞASİ
KORUMA BARIYERLERİNİN TOPOLOJİ METODU İLE
OPTİMİZASYONU
ÜZERİNE ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

EMRE CELAL GÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARSUS 2024

T.C.
TARSUS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI

ASKERİ ARAÇLARDA KULLANILAN MOTOR VE ŞASİ KORUMA
BARİYERLERİNİN TOPOLOJİ METHODU İLE OPTİMİZASYONU
ÜZERİNE ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

EMRE CELAL GÜL

Danışman: Prof. Dr. Uğur Eşme

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARSUS - 2024

ETİK BEYANI

Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 9/05/2024

İMZA
Emre Celal Gül

ÖZET

ASKERİ ARAÇLARDA KULLANILAN MOTOR VE ŞASI KORUMABARIYERLERİNİN TOPOLOJİ METHODU İLE OPTİMİZASYONU ÜZERİNE ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

EMRE CELAL GÜL

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Ana

Bilim Dalı Danışman: Prof. Dr. Uğur EŞME

Şubat 2024, 39 sayfa

Bu tez, askeri araçlarda kullanılan motor ve şasi koruma bariyerlerinin topoloji optimizasyonu üzerine odaklanmaktadır. Farklı tasarım seçenekleri ve çarpışma analizleriyle elde edilen sonuçlar, topoloji metodolojisi kullanılarak bariyerlerin mekanik dayanıklılığı ile hafifliği arasında bir denge kurmayı amaçlamaktadır. Optimizasyon süreci, çeşitli tasarım parametrelerinin bariyerlerin performansına olan etkisini detaylı olarak değerlendirmiş ve bu çalışma, askeri araç koruma sistemlerinin tasarımında topoloji optimizasyonunun önemli faydalar sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Tez, deneysel veriler ve simülasyon sonuçlarıyla desteklenmiş, pratik uygulama için tasarım yönergeleri sunmuş ve savunma endüstrisi için yeni ve iyileştirilmiş koruma sistemleri geliştirme potansiyelini vurgulamıştır.

Anahtar kelimeler: Topoloji, crashbox, askeri araç, sonlu elemanlar yöntemi, korumabariyeri

ABSTRACT

A CASE STUDY ON THE OPTIMIZATION OF ENGINE AND CHASSIS PROTECTION BARRIERS USED IN MILITARY VEHICLES USING THE TOPOLOGY METHOD

EMRE CELAL GUL

Master Thesis, Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Uğur ESME

February 2024, 39 pages

This thesis focuses on the topology optimization of engine and chassis protection barriers used in military vehicles. The results obtained through different design options and collision analyses aim to strike a balance between the mechanical durability and lightweight of barriers using topology methodology. The optimization process meticulously evaluates the impact of various design parameters on barrier performance, highlighting the significant benefits of topology optimization in the design of military vehicle protection systems. Supported by experimental data and simulation results, the thesis provides design guidelines for practical implementation and underscores the potential for developing new and improved protection systems within the defense industry.

Keywords: Topology, crashbox, military vehicle, finite element method, protection barrier

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim sürecimde, değerli görüşleri ve tecrübeleri ile eğitim hayatımın olumlu yönde şekillenmesini sağlayan, rapor yazım sürecinin her aşamasında, kıymetli zamanını ayırarak yardımcı olan değerli hocam Prof. Dr. Uğur EŞME 'ye çok teşekkür ederim. Lisans hayatımdan bu yana ihtiyaç duyduğum her anda yanımda olan Güloğlu Grup firmasına teşekkürlerimi sunarım. Son olarak hayatımın her alanında bilgileri ve tecrübeleriyle hayatıma yön veren ve desteklerini hiç esirgemeyerek her koşulda yanımda olduklarını bildiğim babam Hasan GÜL, annem Seher GÜL 'e ve kardeşim Mervenur GÜL' e sonsuz saygı ve sevgilerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZETi
ABSTRACTii
ÖNSÖZiii
KISALTMALARvi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİix
GİRİŞ1

BÖLÜM II

LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Askeri Araçlarda Kullanılan Motor ve Şasi Koruma Bariyerleri.....	4
2.2. Topoloji Optimizasyonu	5
2.3. Topoloji Enerji Yutucular ve Kullanım alanları	6
2.3.1. Enerji Yutucular.....	7
2.3.2. Kaza Oranları ve Enerji Yutucuların Önemi.....	7
2.3.1. Euro NCAP Tam Genişlik Testi.....	8
2.3.1. Enerji Yutucuların Tasarımlarının İncelenmesi	9

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOT

3.1. Crashboxlar İçin Tasarım ve Analiz Süreçleri	10
3.1.1. Kriterlere bağlı Tasarımlar	11
3.1.2. Malzeme Seçimi	13
3.1.3. Analiz Süreci	14
3.1.4. Dinamik Çarpışma Analizleri	14
3.1.5. Analiz Adımları	14
3.1.6. Malzeme Kriterlerinin Girilmesi	15
3.1.7. Sınır Şartlarının Girilmesi	16
3.1.8. Analiz Sonuçlarının Eldesi	16

3.1.9. Analiz Sonuçlarının Yorumlanması.....	20
3.2. Askeri Araçlarda Kullanılan Motor ve Şasi Koruma Bariyerlerinin Tasarımı.....	21
3.3. Motor ve Şasi Koruma Bariyerinin Topoloji Optimizasyonu.....	22

BÖLÜM IV

SONUÇLAR VE BULGULAR

4.1. Sonuçların İncelenmesi	35
KAYNAKÇA.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	39

KISALTMALAR

Cm : Santimetre

Kg : Kilogram

Mm : Milimetre

Mpa : Megapascal



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Literatür taraması sonucu baz alınan birinci model	9
Şekil 2. Birinci Tasarım.....	11
Şekil 3. İkinci Tasarım	11
Şekil 4. Üçüncü Tasarım	12
Şekil 5. Dördüncü Tasarım.....	12
Şekil 6. Beşinci Tasarım.....	13
Şekil 7. Altıncı Tasarım.....	13
Şekil 8. Birinci Tasarım için farklı malzemelerden elde edilen Simülasyon	16
Şekil 9. İkinci tasarım için farklı malzemelerden elde edilen Simülasyon	17
Şekil 10. Üçüncü tasarım için farklı malzemelerden elde edilen Simülasyonu	18
Şekil 11. Dördüncü tasarım için farklı malzemelerden elde edilen simülasyon	18
Şekil 12. Beşinci tasarım için farklı malzemelerden elde edilen simülasyon.....	19
Şekil 13. Altıncı tasarım için farklı malzemelerden elde edilen simülasyon	19
Şekil 14. En verimli tasarım ve malzemenin eldesi	20
Şekil 15. Motor ve Şasi Koruma Bariyerinin 3 Boyutlu Tasarımı	21
Şekil 16. Motor ve Şasi Koruma Bariyerinin Ölçüleri.....	22
Şekil 17. Hypermesh Programı Analiz Açılış Ekranı	23
Şekil 18. 3 Boyutlu Tasarımın Programa Aktarılması	23
Şekil 19. Daha Önce Karar Verilen AZ31 Malzemesinin Özelliklerinin Sisteme Girilmesi.....	24
Şekil 20. Parçanın Özellik Bilgisinin Ataması.....	24
Şekil 21. Parçaya Mesh Atmak İçin Gerekli Parametrelerin Ayarlanması	25
Şekil 22. Mesh Atma İşlemi Yapılmış Model.....	25
Şekil 23. Simülasyona Kısıt Verme İşlemi	25
Şekil 24. Kısıt Fonksiyonu Eklenen Yüzey	26
Şekil 25. Simülasyona Kuvvet Verme İşlemi.....	26
Şekil 26. Kuvvet Fonksiyonu Eklenen Yüzey	27
Şekil 27. Hangi Parametrenin Kuvvet, Hangi Parametrenin Kısıt Olduğunu Sisteme Tanıtma İşlemi	28
Şekil 28. Analizin Koşturulması	28
Şekil 29. Modelde görülen Deplasman Değişikliği Yoğunluğu	29
Şekil 30. Modelde Görülen Stress Yoğunluğu.....	29

Şekil 31. Analizin Tasarım Değişkeninin Oluşturulması	30
Şekil 32. Amaç Fonksiyonun Sisteme Girilmesi	30
Şekil 33. Kısıt Fonksiyonun Sisteme Girilmesi	31
Şekil 34. Maksimum Boşaltma İşlemi Limitinin Sisteme Girilmesi	31
Şekil 35. Analiz Sonucunun Renklendirilmesi	32
Şekil 36. Analiz Sonucuna Göre Yeniden Tasarlanan 3 Boyutlu Model	32
Şekil 37. Yeni Tasarımın Aynı Sınır Şartlar Altında Modellenmesi	33
Şekil 38. Yeni Modelde Stres Yoğunluk Dağılımı.....	33
Şekil 39. Yeni Modelde Deplasman Değişikliği Yoğunluğu	34
Şekil 40. Topoloji Öncesi Tasarım Ağırlığının Belirlenmesi	35
Şekil 41. Topoloji Sonrası Tasarım Ağırlığının Belirlenmesi	36



TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Analize Tabi Tutulacak Olan Malzemelerin Özellikleri.....	14
Tablo 3.2. Analize Tabi Olan Malzemelerin Özellikleri.....	16
Tablo 3.3 Birinci Tasarım için farklı malzemelerden elde edilen sonuçlar	17
Tablo 3.4. İkinci Tasarım için farklı malzemelerden elde edilen sonuçlar	17
Tablo 3.5. Üçüncü tasarım için farklı malzemelerden elde edilen Sonuçlar	18
Tablo 3.6. Dördüncü tasarım için farklı malzemelerden elde edilen sonuçlar.....	18
Tablo 3.7. Beşinci tasarım için farklı malzemelerden elde edilen sonuçlar	19
Tablo 3.8. Dördüncü tasarım için farklı malzemelerden elde edilen sonuçlar.....	19

GİRİŞ

Araç tasarımı alanında kazaların önlenmesi ve kaza anında oluşacak can ve mal kayıplarının azaltılması için yeni güvenlik önlemleri geliştirilmektedir. Bu güvenlik önlemleri genel olarak aktif ve pasif güvenlik önlemleri şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Aktif güvenlik, sürücünün kazadan kaçınması için taşıtın kontrol ve frenleme yeteneklerini artıracak şekilde bilgilendirme sistemleri ve kaza ihtimalini sezip aracı bu durumdan çıkaracak şekilde devreye giren kontrol algoritmalarını içerir. Pasif güvenlik ise bir kaza ile karşılaşılması durumunda, kazanın olumsuz etkilerini mümkün olduğunca azaltmak amacıyla araç üzerinde alınan malzeme değişikliği önlemi ve yapısal iyileştirmeler gibi tasarım önlemleridir. (Öztürk ve Kaya, 2008) Otomotiv sektöründe her geçen gün artan talebe ve zorlu rekabet koşullarına rağmen daha fazla güvenlik, düşük ağırlık ve yüksek performansla müşterilerin taleplerine cevap verilmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla otomobil firmaları geçmişten beri daha ucuz ve güvenilir araç yapmak için çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Bu tezde, askeri araçlarda kullanılan motor ve şasi koruma bariyerlerinin topoloji optimizasyonu yöntemi ile tasarımı ve optimizasyonu üzerine bir çalışma sunulmaktadır. Askeri araçlar, çeşitli tehditlere karşı korunması gereken kritik bileşenlere sahiptir. Bu bileşenlerden en önemlileri motor ve şasi olup, bu bileşenlerin korunması aracın performansı, güvenliği ve maliyeti açısından büyük önem taşımaktadır. Bu tezde, motor ve şasi koruma bariyerlerinin topoloji optimizasyonu yöntemi ile tasarlanması ve optimizasyonu amaçlanmaktadır. Topoloji optimizasyonu yöntemi, malzeme kullanımını en aza indirirken, tasarımın dayanımını ve işlevselliğini en üst düzeye çıkaran bir yöntemdir. Bu yöntem, askeri araçlarda motor ve şasi koruma bariyerlerinin tasarımı ve optimizasyonu için uygun bir yöntemdir. Bu tezin kapsamında, bir askeri araç modeli, motor ve şasi koruma bariyerleri, malzeme özellikleri ve yükleme durumları belirlenmiş, sonlu elemanlar analizi yazılımı, optimizasyon aracı ve tasarım aracı kullanılarak topoloji optimizasyonu yöntemi uygulanmıştır. Optimizasyon sonuçlarına göre, motor ve şasi koruma bariyerlerinin yeni geometrileri, ağırlıkları, gerilme dağılımları ve dayanımları elde edilmiş, literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Optimizasyon sonuçlarının askeri aracın performansı, güvenliği ve maliyeti üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu tezin amacı, askeri araçlarda motor ve şasi koruma bariyerlerinin topoloji optimizasyonu yöntemi ile tasarımı ve optimizasyonu konusunda bir örnek çalışma sunmak ve bu yöntemin avantajlarını ve potansiyelini göstermektir. Bu tez, beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, tezin girişi yapılmıştır. İkinci bölümde, literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması hem askeri araçlarda kullanılan bariyerler ve topoloji optimizasyonu üzerine hem de crashboxlar nezdinde yapılmıştır. Üçüncü bölümde, materyal ve metot anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, bulgular ve tartışma sunulmuştur. Beşinci bölümde, sonuç ve öneriler verilmiştir. Tezin materyal ve metot bölümünde yapılan çalışmada, en önemli enerji sönümleyici unsur olan crashboxlar üzerinde malzeme performansı ve tasarım değişikliklerinin enerji sönümlenmeye etkisi üzerine NCAP standartları çerçevesinde analizler yapılmış ve en uygun enerji sönümleneme performansı gösteren malzeme tespit edilmiştir. Malzeme tespit süreci 3 ana bölümde gerçekleşmiştir. Bunlar:

- Enerji sönümleyiciler, kullanım alanları ve sektörde kullanım standartları
- Belirlenen kriterlerde tasarım süreçleri ve malzeme seçimi
- Analiz kısmına geçilmiş altı farklı enerji sönümleyici tasarımı için üç farklı malzeme ile analizler yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan ise şekil bazında performans ve malzeme bazında performanslar ayrı ayrı incelenmiştir.

LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, askeri araçlarda motor ve şasi koruma bariyerlerinin önemi ve fonksiyonları, topoloji optimizasyonu yönteminin tanımı, avantajları ve uygulama alanları, askeri araçlarda motor ve şasi koruma bariyerlerinin topoloji optimizasyonu ile tasarımı ve optimizasyonu üzerine yapılmış önceki çalışmalar literatürden derlenerek sunulmuştur. Askeri araçlar, savaş alanlarında ve barış zamanlarında çeşitli görevleri yerine getiren araçlardır. Askeri araçlar, düşman ateşi, mayın, patlayıcı maddeler, kimyasal ve biyolojik silahlar gibi çeşitli tehditlere maruz kalabilirler. Bu tehditler, askeri araçların kritik bileşenlerine zarar verebilir veya aracın işlevselliğini kaybetmesine neden olabilir. Bu nedenle, askeri araçların kritik bileşenlerinin korunması, aracın performansı, güvenliği ve maliyeti açısından büyük önem taşımaktadır. Askeri araçların kritik bileşenlerinden en önemlileri motor ve şasi olup, bu bileşenlerin korunması için motor ve şasi koruma bariyerleri kullanılmaktadır. Motor ve şasi koruma bariyerleri, motor ve şasiyi tehditlere karşı koruyan, darbe emen, deformasyona uğrayan, alev almayan, hafif ve dayanıklı malzemelerden yapılmış yapısal elemanlardır. Motor ve şasi koruma bariyerleri, askeri araçların tasarımında ve optimizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Motor ve şasi koruma bariyerlerinin tasarımı ve optimizasyonu için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de topoloji optimizasyonu yöntemidir. Topoloji optimizasyonu yöntemi, malzeme kullanımını en aza indirirken, tasarımın dayanımını ve işlevselliğini en üst düzeye çıkaran bir yöntemdir. Topoloji optimizasyonu yöntemi, tasarımın geometrisini, malzeme dağılımını ve bağlantılarını belirleyerek, tasarımın en uygun topolojisini bulmaya çalışır. Topoloji optimizasyonu yöntemi, sonlu elemanlar analizi, optimizasyon algoritmaları ve tasarım araçları kullanılarak uygulanabilir. Topoloji optimizasyonu yöntemi, askeri araçlarda motor ve şasi koruma bariyerlerinin tasarımı ve optimizasyonu için uygun bir yöntemdir. Çünkü, bu yöntem, motor ve şasi koruma bariyerlerinin ağırlığını azaltırken, dayanımlarını ve koruma seviyelerini artırabilir. Böylece, askeri aracın performansını, güvenliğini ve maliyetini iyileştirebilir. Askeri araçlarda motor ve şasi koruma bariyerlerinin topoloji optimizasyonu ile tasarımı ve optimizasyonu üzerine yapılmış önceki çalışmalar, literatürde sınırlı sayıda. Bu çalışmalarda,

farklı askeri araç modelleri, motor ve şasi koruma bariyerleri, malzeme özellikleri, yükleme durumları, topoloji optimizasyonu yöntemleri, sonlu elemanlar analizi yazılımları, optimizasyon araçları ve tasarım araçları kullanılmıştır. Bu çalışmaların sonuçları, topoloji optimizasyonu yönteminin askeri araçlarda motor ve şasi koruma bariyerlerinin tasarımı ve optimizasyonu için etkili ve verimli bir yöntem olduğunu göstermiştir.

2.1 Askeri Araçlarda Kullanılan Motor ve Şasi Koruma Bariyerleri

Askeri araçlar, savaş alanlarında ve barış zamanlarında çeşitli görevleri yerine getiren araçlardır. Askeri araçlar, düşman ateşi, mayın, patlayıcı maddeler, kimyasal ve biyolojik silahlar gibi çeşitli tehditlere maruz kalabilirler. Bu tehditler, askeri araçların kritik bileşenlerine zarar verebilir veya aracın işlevselliğini kaybetmesine neden olabilir. Bu nedenle, askeri araçların kritik bileşenlerinin korunması, aracın performansı, güvenliği ve maliyeti açısından büyük önem taşımaktadır. Askeri araçların kritik bileşenlerinden en önemlileri motor ve şasi olup, bu bileşenlerin korunması için motor ve şasi koruma bariyerleri kullanılmaktadır. Motor ve şasi koruma bariyerleri, motor ve şasiyi tehditlere karşı koruyan, darbe emen, deformasyona uğrayan, alev almayan, hafif ve dayanıklı malzemelerden yapılmış yapısal elemanlardır. Motor ve şasi koruma bariyerleri, askeri araçların tasarımında ve optimizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Askeri araçlarda motor ve şasi koruma bariyerlerinin topoloji optimizasyonu ile tasarımı ve optimizasyonu üzerine yapılmış önceki çalışmalar, literatürde sınırlı sayıda. Bu çalışmalarda, farklı askeri araç modelleri, motor ve şasi koruma bariyerleri, malzeme özellikleri, yükleme durumları, topoloji optimizasyonu yöntemleri, sonlu elemanlar analizi yazılımları, optimizasyon araçları ve tasarım araçları kullanılmıştır. Bu çalışmaların sonuçları, topoloji optimizasyonu yönteminin askeri araçlarda motor ve şasi koruma bariyerlerinin tasarımı ve optimizasyonu için etkili ve verimli bir yöntem olduğunu göstermiştir. Örneğin, Doğru bir kamyon şasisinin topoloji optimizasyonu ile tasarımı ve optimizasyonu üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, 120 kN ve 150 kN yükleme durumları için sonlu elemanlar analizi uygulanmış ve topoloji optimizasyonu yöntemi ile şasi ağırlığında yaklaşık %14 oranında azalma sağlanmıştır. Ayrıca, optimizasyon sonucunda elde edilen şasisinin gerilme değerleri, izin verilen gerilme değerlerini aşmamıştır. Benzer şekilde, Mahmoodi-k ve arkadaşları bir römork şasisinin topoloji optimizasyonu ile tasarımı ve optimizasyonu

üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, römork şasisinin farklı yükleme durumları için sonlu elemanlar analizi uygulanmış ve topoloji optimizasyonu yöntemi ile şasi ağırlığında yaklaşık %20 oranında azalma sağlanmıştır. Ayrıca, optimizasyon sonucunda elde edilen şasinin gerilme değerleri, izin verilen gerilme değerlerini aşmamıştır. Başka bir çalışmada, Yıldız ve arkadaşları raylı sistem araçlarının koşum takımı üzengisi için topoloji optimizasyonu yöntemi ile tasarım ve optimizasyon yapmışlardır. Çalışmada, koşum takımı üzengisine 120 kN ve 150 kN yükleme durumları için sonlu elemanlar analizi uygulanmış ve topoloji optimizasyonu yöntemi ile üzengi ağırlığında yaklaşık %30 oranında azalma sağlanmıştır. Ayrıca, optimizasyon sonucunda elde edilen üzenginin gerilme değerleri, izin verilen gerilme değerlerini aşmamıştır. Bu çalışmalar, topoloji optimizasyonu yönteminin askeri araçlarda motor ve şasi koruma bariyerlerinin tasarımı ve optimizasyonu için uygun bir yöntem olduğunu kanıtlamaktadır.

2.2- Topoloji Optimizasyonu

Topoloji optimizasyonu yöntemi, malzeme kullanımını en aza indirirken, tasarımın dayanımını ve işlevselliğini en üst düzeye çıkaran bir yapısal optimizasyon yöntemidir. Topoloji optimizasyonu yöntemi, tasarımın geometrisini, malzeme dağılımını ve bağlantılarını belirleyerek, tasarımın en uygun topolojisini bulmaya çalışır. Topoloji optimizasyonu yöntemi, sonlu elemanlar analizi, optimizasyon algoritmaları ve tasarım araçları kullanılarak uygulanabilir. Topoloji optimizasyonu yöntemi, makine, imalat, otomotiv, inşaat ve havacılık gibi birçok disiplinde uygulama alanı bulmaktadır.

Deneyimlerine ve önceden yapılmış benzer tasarımlara dayanarak tasarım yapan tasarımcılar, bu yolla elde ettikleri tasarımların genellikle en verimli tasarım olmadığını ve tasarımın iyileştirilmesi gerektiğini görmektedirler. Bu sebeple tasarımcılar, oluşturdukları esas tasarımın sonrasında optimizasyon işlemlerine gereksinim duymaktadır. Optimizasyon, bir problemin belirlenen tasarım değişkenlerini tasarım kısıtları ve hedef fonksiyonu içerisinde değiştirerek eniyileme işlemidir. Yapısal olarak en sık kullanılan optimizasyon yöntemlerinden biri topoloji optimizasyonudur.

İlerleyen bilgisayar teknolojisi ve işlemci güçleri topoloji optimizasyonunun ilerlemesine ve daha çok kullanılmasına yardımcı olmuştur (Albak,2019).

Topoloji optimizasyonu, tasarım hacmi içinde yer alan elemanların dağılımını belirlenen kısıtlar doğrultusunda ayarlayarak ağırlığı düşürürken dayanıklılığı veya doğal frekansı yükseltmektedir. Topoloji optimizasyonunda yoğunluk metodu ve homojenleştirme metodu olmak üzere iki farklı yöntem elemanların dağılımını saptamak için kullanılmaktadır (Yıldız, A. R,2017). Yoğunluk metodu Yang ve Chuang tarafından 1993 yılında geliştirilmiştir (Yang ve Chuang,2013). Diğer yöntem olan homojenleştirme metodu ise Bendsoe ve Kikuchi tarafından 1998 yılında geliştirilmiştir(Bendsoe ve Kikuchi,2018). Bu çalışmada kullanılan sonlu elemanlar çözücüsü olan HYPERMESH yazılımı optimizasyon problemlerini yoğunluk yöntemini kullanarak çözmektedir.

Parça hafifletme çalışmalarında tasarımcıların yararlandığı önemli tekniklerden biri topoloji optimizasyonudur. Topoloji optimizasyonunun hedefi parça için en iyi malzeme kullanımını saptamaktır (Yıldız vd.2004). Topoloji optimizasyonu dayanıklılığı ya da doğal frekansı en yüksek olan parça için ağırlığı düşürürken malzeme dağılımını düzenlemektedir. Topoloji optimizasyonunun tasarımcılar tarafından seçilmesinin en önemli sebebi, en iyi yapının henüz tasarım aşamasındayken belirlenmesidir.

Topoloji optimizasyonu yönteminin avantajları şunlardır:

- Tasarımın ağırlığını azaltırken, dayanımını ve koruma seviyesini artırabilir.
- Tasarımın üretilirliğini ve maliyet etkinliğini sağlayabilir.
- Tasarımın estetik ve ergonomik olmasını sağlayabilir.
- Tasarımın performansını, güvenliğini ve enerji verimliliğini iyileştirebilir.
- Tasarımın yenilikçi ve rekabetçi olmasını sağlayabilir.

2.3 Enerji Yutucular ve Kullanım Alanları

Bu bölümde enerji yutuculardan kullanım alanlarından bahsedilmiştir. Tasarımda kullanacağımız baz modeller incelenmiş ve bu doğrultuda kriterler belirlenmiştir. Aynı zamanda Euro NCAP dayanıklılık standartlarından bahsedilmiştir.

2.2.1. Enerji Yutucular

Araçların önden çarpışması durumunda, ön tamponun arkasında bulunan darbe emiciler, aracın kinetik enerjisini kontrol altına alarak yolcu bölmesine zarar verme riskini azaltır. Bu emiciler, çarpışma sırasında kinetik enerjiyi absorbe ederek plastik şekil değiştirme ile etkileri azaltır. Bu sayede, araç içindeki kişilere gelebilecek zararlar minimize edilir. Önden çarpışma anında, ilk darbeyi tampon alır ve ardından darbe emiciler devreye girerek enerjiyi emer. Darbe emicilerin akordiyon gibi katlanabilir özellikleri, çarpışma sonucu oluşabilecek negatif etkileri azaltmak için tasarlanmıştır. İlk çarpışma sırasında tampon enerjiyi absorbe ederken, darbe emiciler deforme olmaya başlar ve aksel yönde gelen tepki kuvveti en üst düzeye çıkar. Daha sonra tepki kuvvetleri ortalama bir seviyeye ulaşırken, yapı lokal burkulmalarla iç içe katlanarak kısalır. (Nakazawa ve diğ.,2005). Enerji emilimini artırmak için birçok çalışma yapılmıştır. Farklı kesit şekilleri önerilmiş ve daha hafif araç ağırlıkları için yüksek dayanımlı malzemelerin kullanımı hedeflenmiştir. (Giess ve Tomas,1998; Tarigopula ve Langseth,2005; Yamazaki ve Han,1999). Ancak, tampon ve ardındaki darbe emiciler üzerinde çarpışma anında oluşan yüksek tepki kuvvetlerini azaltmak için yapılan çalışmalar oldukça kısıtlı kalmıştır. İnce cidarlı alüminyum yapıların ekstrüzyon yöntemiyle üretildiği katlanma başlatıcı geometrilerin konumları üzerine çalışmalar yapılmış, ancak optimizasyon eksik kalmıştır. (Lee ve diğ.,1999). Silindirik kesitli, ince cidarlı yapıların maksimum enerji emilimi için yanıt yüzey yöntemiyle yarıçap ve duvar kalınlığı parametrelerinin optimizasyonu yapılmıştır. (Yamazaki ve Han,2000). Üzerinde katlanma başlatıcı geometri bulunmayan konik yapıları darbe emicilerinin maksimum enerji absorpsiyonu ve minimum tepki kuvvetine göre konik bölgenin şekli optimize edilmiştir (Chiandussi ve Avalle,2002). Kompozit konik darbe emicilerinin minimum amaç fonksiyonuna göre şekil optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Farklı açılarda çarpma senaryoları modellenmiştir (Lanzi ve diğ.,2004)

2.2.2 Kaza Oranları ve Enerji Yutucuların Önemi

Kaza anında taşıt enerji sönümleme elemanlarının daha fazla enerji absorbe etmesive çarpışmanın etkisini sürücü ve yolculara daha az iletmesi istenmektedir. Enerji yutucular genellikle otomotiv olmak üzere geniş bir kullanım alanına sahiptir. Çarpışma anında ortaya çıkan kinetik enerjiyi plastik deformasyon ile sönümleyen yapılardır. Enerji yutucular ince cidarlı, çok köşeli, tüp şeklinde, peteksi, sandviç

düzlem ve yalıtkan şekilde üretilebilir. Enerji sönümleme performanslarını arttırabilmek için içleri alüminyum köpük veya reçine ile doldurulabilir.

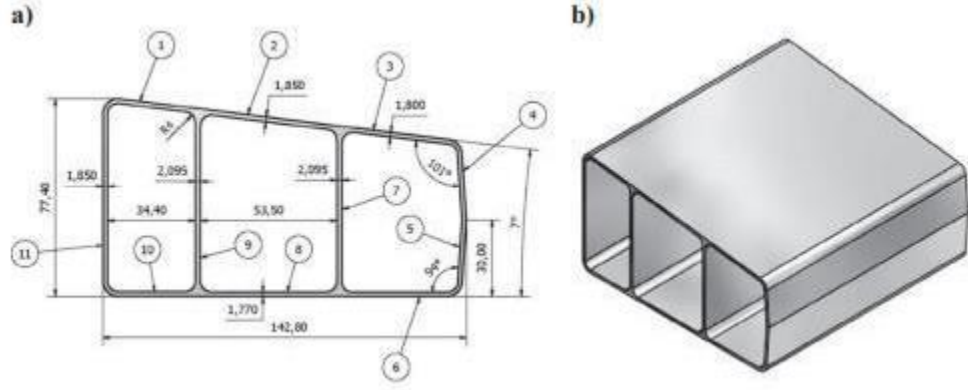
Taşıtların motor bölümü ve tampon kısımlarından kaza anında temas etmesi halinde ortaya çıkan deformasyonun motorun çalışmasında elzem olan bölümlerine ve yolcu kabine ilerlemesi güvenlik ve maliyet açısından büyük problemlere yol açabilir. Bu şekilde gerçekleşen durumlarda aracın hareketinden dolayı sahip olduğu kinetik enerjinin sürekli ve dengeli şekilde absorbe edilmesi ile karşı karşıya kalınabilecek zararlar daha az olur (Nakazawa ve diğerleri, 2005). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre her yıl Dünya’da 1,25 milyon ülkemizde ise 6 bin 675 kişi trafik kazaları sonucu hayatını kaybetmektedir. Bu sebeple güvenlik git gide daha da önemli bir konu haline gelmektedir. Güvenlik arttırılırken araç ağırlığının artıp emisyon oranlarının artması istenmeyen bir durumdur. Bu sebeple otomotiv endüstrisi daha sağlam ve daha hafif vizyonu ile çalışmalar yapmaktadır.

2.2.3 Euro NCAP Tam Genişlik Testi

Son yıllarda araba yapıları daha sağlam hale geldi. Bu durum, yolcu bölmesi çökmeye daha az eğilimli hale geldiğinden alt bacak ve baş yaralanmalarının azalmasına yardımcı oldu. Ancak daha yüksek yapısal sertlik aynı zamanda, çarpışma esnasında ön ve arka koltuklarda emniyet sistemleri tarafından ele alınması gereken daha yüksek kabin çökmesi anlamına gelmektedir. Bu yavaşlamalar ciddi yaralanmalara, özellikle daha ufak veya yaşlı yolculara göğse baskıya, yol açabilir. Euro NCAP arabaları, 50km/h test hızında tam çarpışma ile sert bir bariyere karşı test eder. Ufak bir kadın ön darbe mankeni ön sürücü koltuğuna ve arka yolcu tarafı koltuğuna oturtulur. Enerji tutucular bu şarta göre analiz programına işlenecektir.

2.2.4 Enerji Yutucuların Tasarımlarının İncelenmesi

Enerji yutucu tasarımları oluşturmadan önce var olan tasarımların ve şartların incelenmesi gerekir çalışmada kullanılmak üzere şekildeki baz model alınmıştır.



Şekil 1. Literatür taraması sonucu baz alınan birinci model

Kaynak: Kohar, C. P.vediğ..2016

MATERYAL VE METOT

Bu bölümde önce materyal elde edilip daha sonra metot kısmına geçilecektir. Materyal eldesi ise şu şekilde olacaktır. CATIA V5 programında daha önceden literatürde kullanılan iki modelin boyutlarında şekil bazlı 4 farklı model oluşturulmuştur. Bu modellerin ölçülerinin birbirine yakın olması sonuçların doğruluğu açısından önem arz etmektedir. Elimizdeki bu 6 tasarımı farklı malzeme özelliklerinde analize tabi tutup çıkan sonuçları karşılaştıracamız, enerji absorbe etme durumuna göre çıkan sonuçlara göre topoloji optimizasyonu yapacağımız bariyerin malzemesine karar vermiş olacağız.

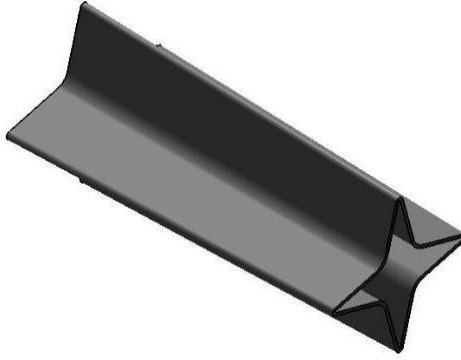
3.1 Crashboxlar İçin Tasarım ve Analiz Süreçleri

Parçalar *CATIA V5R20* programında yüzey komutuyla tasarlanmıştır. . Parça kalınlığı 2 mm uzunluğu 220 mm ve genişlik 90- 110 mm boyutlarındadır. Tasarımlarda kıvrım ve köşe sayıları çeşitlendirerek performans tablolarına farklı açılardan bakılması hedeflenmiştir. Belirlenen ölçülerde altı farklı tasarım kullanılmıştır.

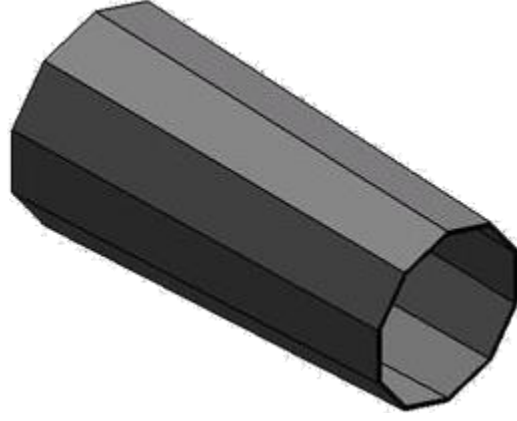
3.1.1 Kriterlere Bağlı Tasarımlar



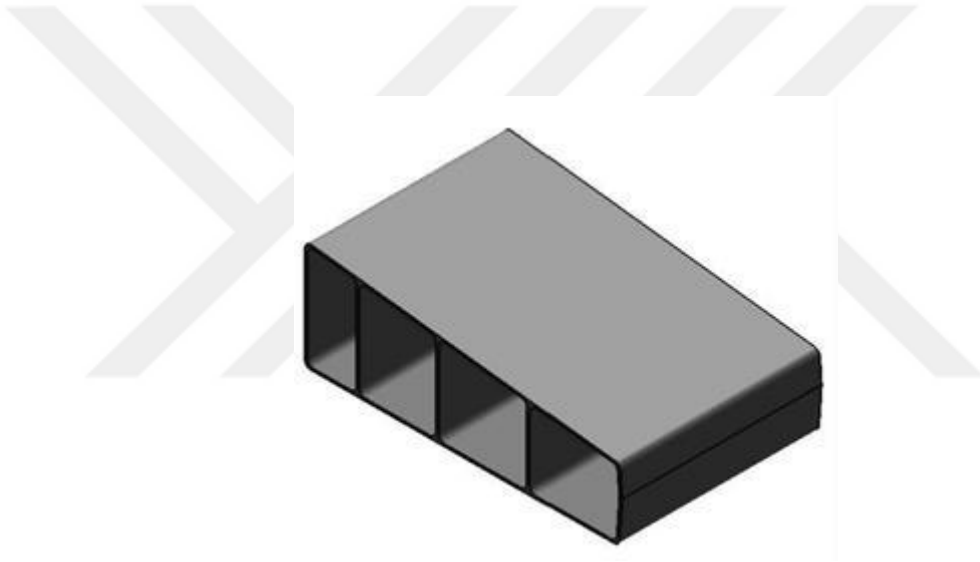
Şekil 2. Birinci Tasarım



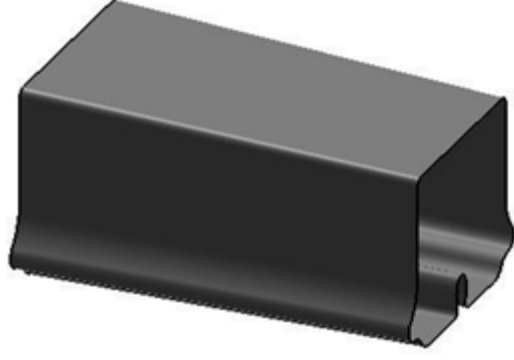
Şekil 3. İkinci Tasarım



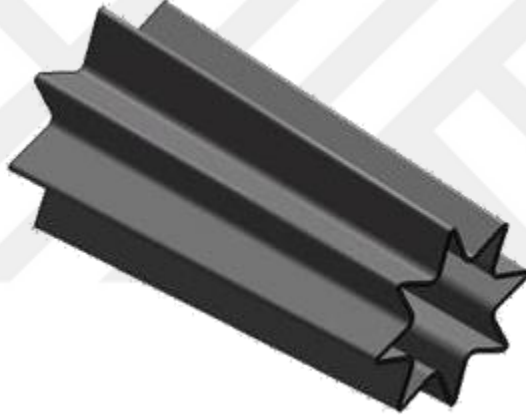
Şekil 4. Üçüncü Tasarım



Şekil 5. Dördüncü Tasarım



Şekil 6. Beşinci Tasarım



Şekil 7. Altıncı Tasarım

3.1.2 Malzeme Seçimi

Analiz süresince üç farklı malzeme kullanılmıştır bunlar;

- DP600 Çelik
- AL5774 Alimünyum Alaşımı
- AZ31 Magnezyum Alaşımı 'dır.

Malzemeler seçilirken otomotiv sanayinde sıkça kullanılan belli başlı malzemelerden seçilmiştir. Malzeme özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.1. Analize Tabi Tutulacak Olan Malzemelerin Özellikleri

MALZEME	ELASTİSİTE MODULÜ(Mpa)	POİSSON ORANI
AZ31	4500	0,35
DP600	210000	0,30
AL5754	69000	0,32

Kaynak: Şahbaz, M., (2021)

3.1.3 Analiz Süreci

Analiz sürecinde Euro NCAP standartları kullanılmıştır. Analiz Programı olarak *Hypermesh 2017* yazılımı kullanılmıştır. Dinamik analiz olarak yapılan bu süreçte üç farklı malzeme altı farklı tasarım için toplamda on sekiz analiz sonucu elde edilmiştir.

3.1.4 Dinamik Çarpışma Analizleri

Sonlu elemanlar metodu, otomotiv endüstrisinde ürün geliştirme aşamalarında yaygın olarak kullanılan analiz yöntemlerinden biridir. Dinamik çarpışma analizleri bu metodlar arasında yer almakta olup, bu tür analizler birçok yazılım içinde yapılmaktadır. Bu yazılımlar, çarpışma problemleri için implisit (kapalı) ve eksplisit (açık) zaman entegrasyonu yöntemlerini kullanmaktadırlar. Eğer çarpışma problemlerinde zamanla değişen büyüklükler çok hızlı değişiyorsa, açık zaman entegrasyonu yöntemi tercih edilir. Hareket denklemleri zaman alanında entegrasyon için merkezi farklar yöntemiyle hesaplanır.

3.1.5 Analiz Adımları

Analiz standartları her tasarım için aynı kabul edilmiştir. Tasarımların analizlerinin sadece kendi içerisinde değişiklikleri olmuştur. Bu değişiklikler sadece malzeme seçiminde yapılmıştır. Diğer tüm şartlar NCAP standartları baz alınarak analize entegre edilmiştir.

Analiz süreci şu adımlardan oluşmuştur:

- **Cad Datasının Programa İport Edilmesi:** Daha önce *Catia V5* programında yüzey komutu ile tasarladığımız 3 boyutlu parçaların analiz programına aktarılması işlemidir.
- **Malzemenin Tanımlanması:** Tasarımın analiz süresince hangi malzeme olacağını belirlediğimiz kısımdır. Analizlerimizde üç farklı malzeme kullanılmıştır. Create Material komutu ile malzeme kriteri belirlenir
- **Sisteme Girilecek Olan Sınır Şartlarının Tanımlanması:** Simülasyonumuzda hangi tip şartların olacağını belirlediğimiz kısımdır. Enerji sönmleyicilerin parça bağlantı noktalarından sabitlenmesi ve duvarın rijit olarak belirlenme kriterleri bu kısımda belirlenir.
- **Parçaya Mesh Atılması:** Mesh atılarak parça küçük parçalara ayrılır.
- **Sınır Şartlarının Cad Data Üstünde Belirlenmesi:** Daha önceden tanımlanan sınır şartlarının noktasal veya malzemenin tamamında geçerli olacağını işaretlediğimiz kısımdır. Enerji sönmleyicilerin bağlantı noktası ve duvar rijit olarak tanımlanır.
- **Analizin Koşturulması:** Analiz maddelerinin uygulanmasından sonra run komutu ile analiz süreci başlatılır.

•

3.1.6 Malzeme Kriterlerinin Girilmesi

Tabloda verilen kriterlere göre programda create material komutu ile gereklitanımlamalar yapılmıştır.

Tablo 3.2. Analize Tabi Olan Malzemelerin Özellikleri

MALZEME	ELASTİSİTE MODULÜ(Mpa)	POISSON ORANI
AZ31	4500	0,35
DP600	210000	0,30
AL5754	69000	0,32

Kaynak: Şahbaz, M., (2021)

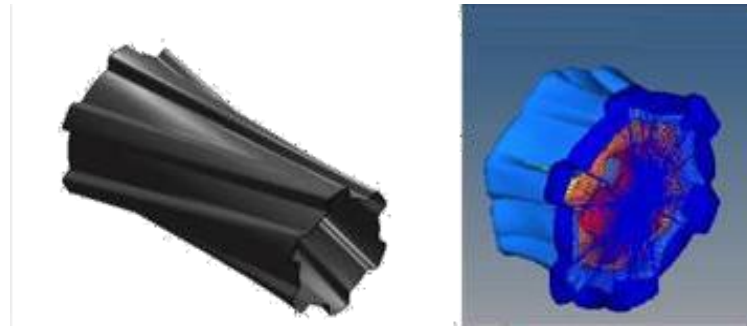
3.1.7 Sınır Şartlarının Girilmesi

Sisteme girilecek olan sınır şartları analizimizde şu şekildedir. Sabitleme bu kısım enerji sönümleyicilerimizin araç şase tarafında sabit olduğu kısımdır. Bu noktalar sınırlandırılarak sönümlemeden ve hareketten bağımsız olduğu belirtilir.

Duvar şartı ise sönümleyicimizin NCAP standartlarına uygun(50 KM/H HIZ VE 800 KG) yüke maruz kalmasını istediğimizden belirlediğimiz hızda rijit olarak tanımlanmasıyla ve belirli mesafe yük uygulamasıyla enerji sönümleyicimizin verdiği tepkiyi görmemizi sağlar.

3.1.8 Analiz Sonuçlarının Eldesi

Yapılan analizler sonucunda on sekiz farklı sonuç elde edilmiştir. Her birtasarım için üç farklı analiz sonu görsellerde verilmiştir.



Şekil 8. Birinci Tasarım için farklı malzemelerden elde edilen Simülasyon

Tablo 3.3 Birinci Tasarım için farklı malzemelerden elde edilen sonuçlar

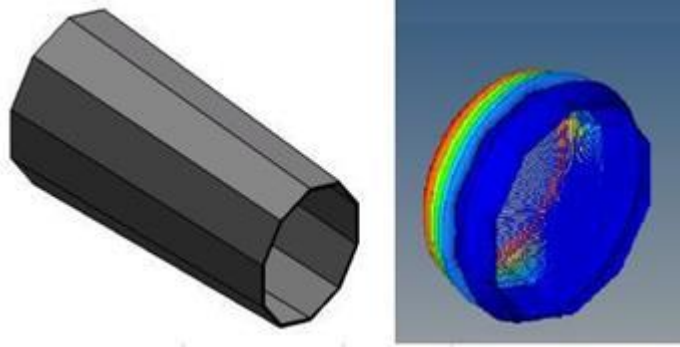
	Enerji(kj)	Kütle(g)	Özgül Enerji(kj/g)
AL5754	9609,495	417	23,04435252
AZ31	11217,23	268,4	41,7929
DP600	25205,11	1243	20,2776



Şekil 9. İkinci tasarım için farklı malzemelerden elde edilen Simülasyon

Tablo 3.4. İkinci Tasarım için farklı malzemelerden elde edilen sonuçlar

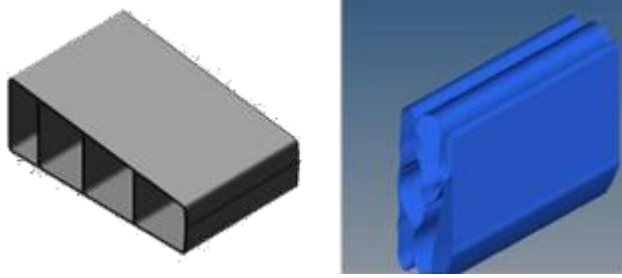
	Enerji(kj)	Kütle(g)	Özgül Enerji(kj/g)
AL5754	1304,54	565	2,3088920354
AZ31	1623,78	363,7	4,4646
DP600	3736,26	1685	2,2174



Şekil 10. Üçüncü tasarım için farklı malzemelerden elde edilen Simülasyonu

Tablo 3.5. Üçüncü tasarım için farklı malzemelerden elde edilen Sonuçlar

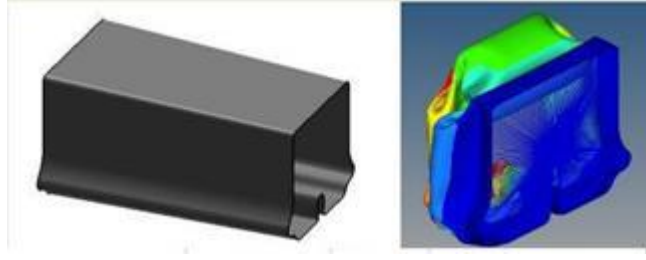
	Enerji(kj)	Kütle(g)	Özgül Enerji(kj/g)
AL5754	7525,18	363,7	20,6906
AZ31	8549,74	234,1	36,5218
DP600	20864,52	1084	19,2477



Şekil 11. Dördüncü tasarım için farklı malzemelerden elde edilen simülasyon

Tablo 3.6. Dördüncü tasarım için farklı malzemelerden elde edilen sonuçlar

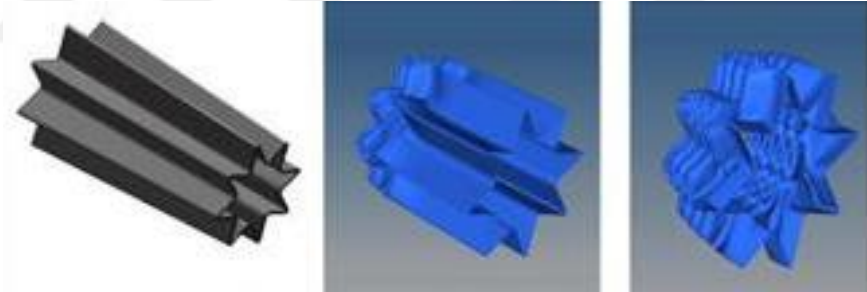
	Enerji(kj)	Kütle(g)	Özgül Enerji(kj/g)
AL5754	1304,54	565	2,3089
AZ31	1623,78	363,7	4,4646
DP600	3736,26	1685	2,2174



Şekil 12. Beşinci tasarım için farklı malzemelerden elde edilen simülasyon

Tablo 3.7. Beşinci tasarım için farklı malzemelerden elde edilen sonuçlar

	Enerji(kj)	Kütle(g)	Özgül Enerji(kj/g)
AL5754	10994,88	575,6	19,1015
AZ31	12342,17	370,5	33,3122
DP600	30358,45	1716	17,6914



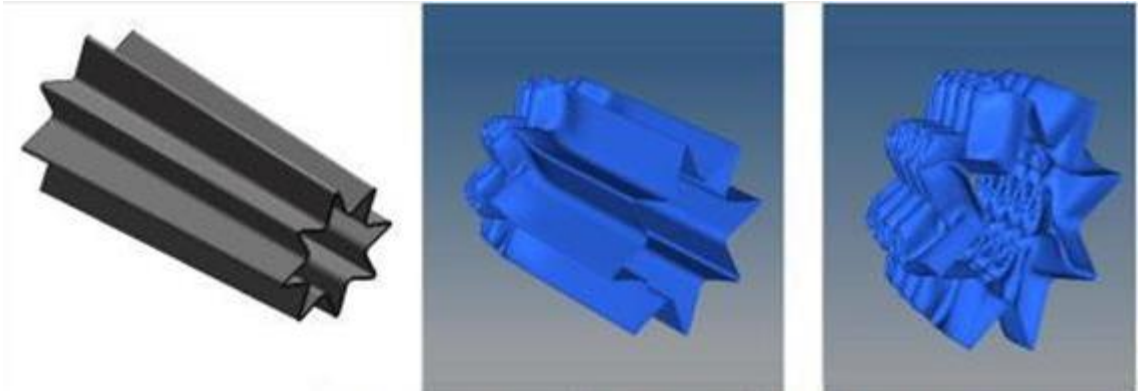
Şekil 13. Altıncı tasarım için farklı malzemelerden elde edilen simülasyon

Tablo 3.8. Dördüncü tasarım için farklı malzemelerden elde edilen sonuçlar

	Enerji(kj)	Kütle(g)	Özgül Enerji(kj/g)
AL5754	14338,28	522,3	27,4521
AZ31	14338,28	336,2	42,6481
DP600	36764,04	1557	23,6121

3.1.9 Analiz Sonuçlarının Yorumlanması

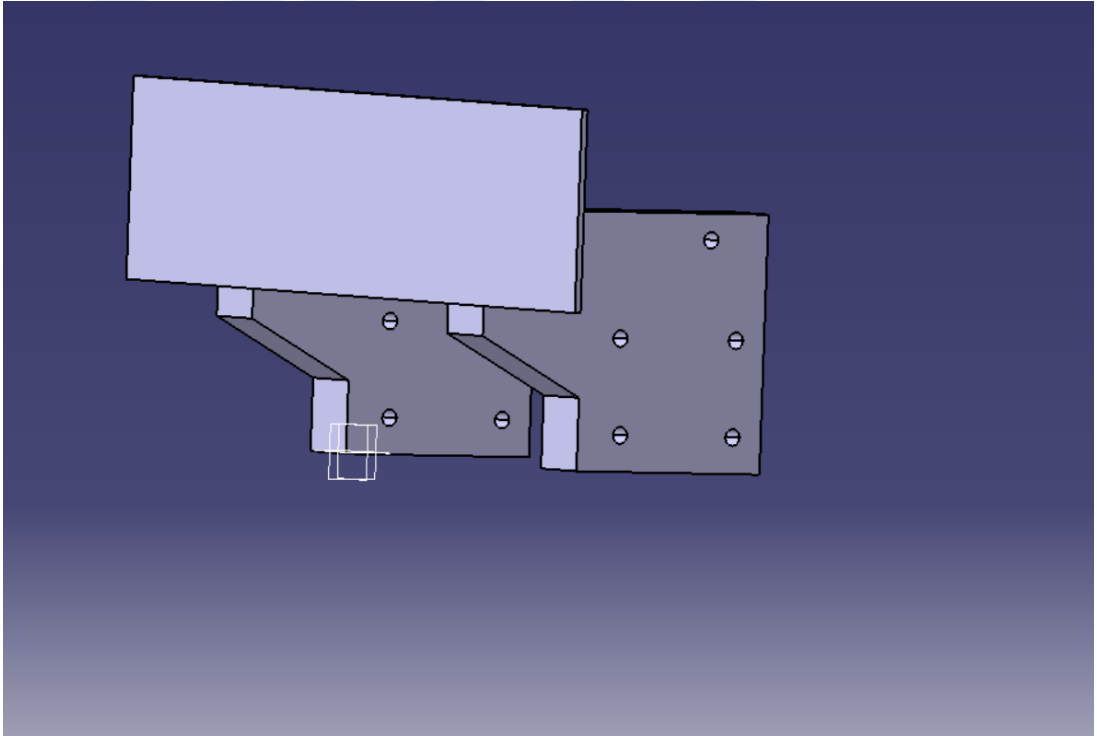
6 farklı profil ve 3 farklı malzeme için 18 farklı analizde birim başına absorbe edilen enerji karşılaştırması yapılmıştır. Bunun sonucunda en iyi parça AZ31 malzemesi kullanılan sonuncu sönümleyicidir. Aynı tasarımda magnezyum alaşımli parçanın açıkça gramaj bazında daha fazla enerji absorbe ettiği açıkça gözükmemektedir. En verimli malzemenin magnezyum alaşımı olduğu her tasarımda görülmektedir. Piyasada kullanılan örneklere baktığımızda bu sonucu desteklediğini görmekteyiz. Tasarımsal olarak yorumladığımızda ise kıvrım sayısı ile doğru orantılı bir dayanım olduğunu görmekteyiz. Magnezyum alaşımının her tasarımda ön planda olması sonucu ile tasarımını değiştiremediğimiz var olan ürünlerde sadece malzemeyi değiştirerek daha hafif ve daha dayanıklı ürünler elde edebileceğimiz sonucu elde edilmiştir. Dolayısıyla motor ve şasi koruma bariyerinin topoloji optimizasyonu sırasında malzeme olarak AZ31 kullanılacaktır. Ayrıca boşaltma işlemleri yaparken kıvrım sayılarının azaltılmaması da göz önünde bulundurulacaktır.



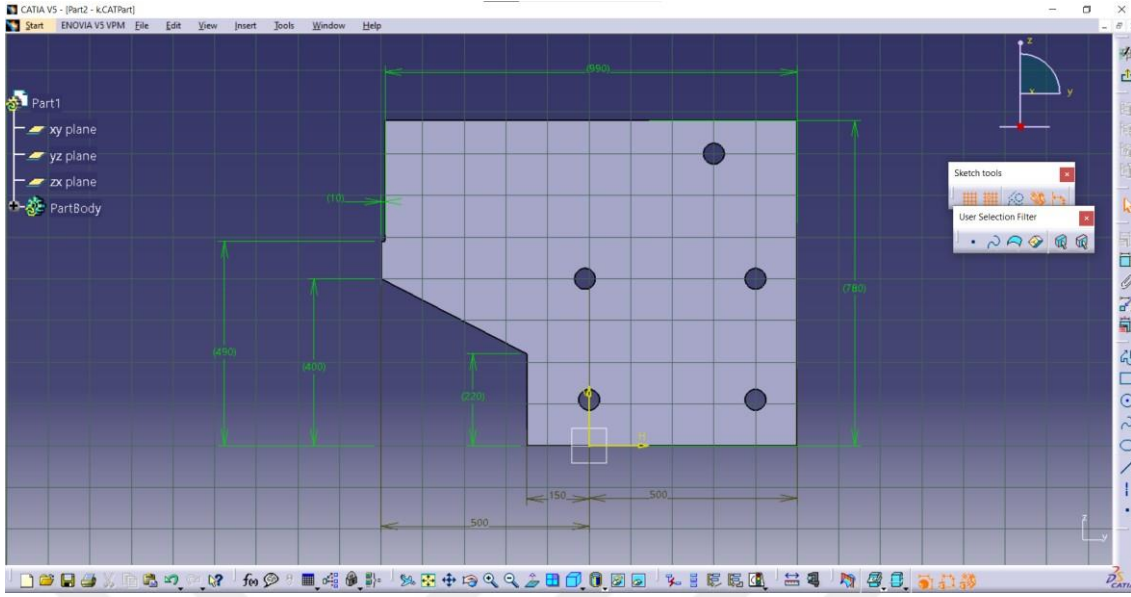
Şekil 14. En verimli tasarım ve malzemenin eldesi

3.2 Askeri Araçlarda Kullanılan Motor ve Şasi Koruma Bariyerlerinin Tasarımı

Yapılan malzeme ve enerji yutucu tasarımının seçiminden sonra bariyer tasarımını ve topoloji optimizasyonunu yapmaya başlarız. Genel anlamda taslak tasarımımız belirtilen sınırlar çerçevesinde bölgeyi tamamen dolduracak şekilde tasarlanmıştır. Topoloji optimizasyonu sonucu elde edeceğimiz optimum tasarımın şeklini belirlemek için bu şekilde bir yol izlenmiştir. Çalışmada kullanılan bariyerin ilk tasarımı Şekil15’de kesit ölçüleri Şekil16’da gösterilmiştir. Bariyer Catia V5 programında modellenmiştir.



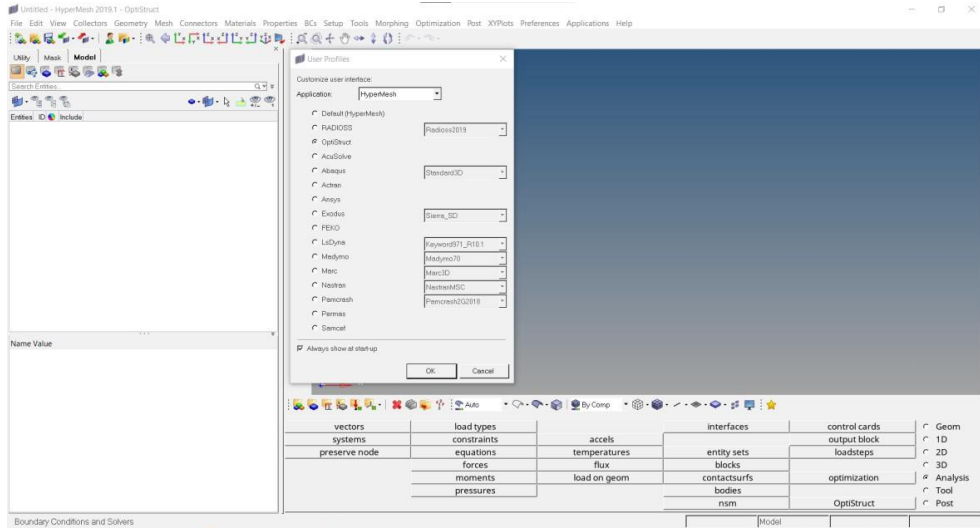
Şekil 15. Motor ve Şasi Koruma Bariyerinin 3 Boyutlu Tasarımı



Şekil 16. Motor ve Şasi Koruma Bariyerinin Ölçüleri

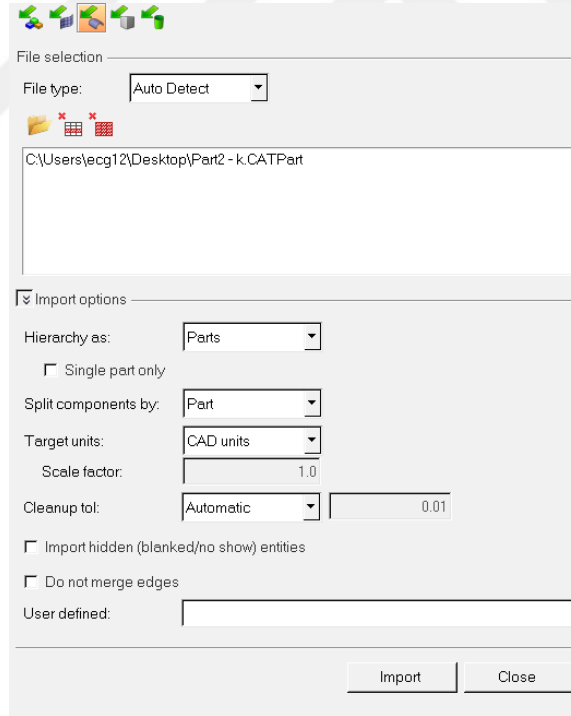
3.3 Motor ve Şasi Koruma Bariyerinin Topoloji Optimizasyonu

Topoloji optimizasyonunu süreci toplamda 3 farklı analiz süreci barındırmaktadır. Bu süreçte ilk olarak program başlangıcında OptiStruct seçerek başlandı.



Şekil 17. Hypermesh Programı Analiz Açılış Ekranı

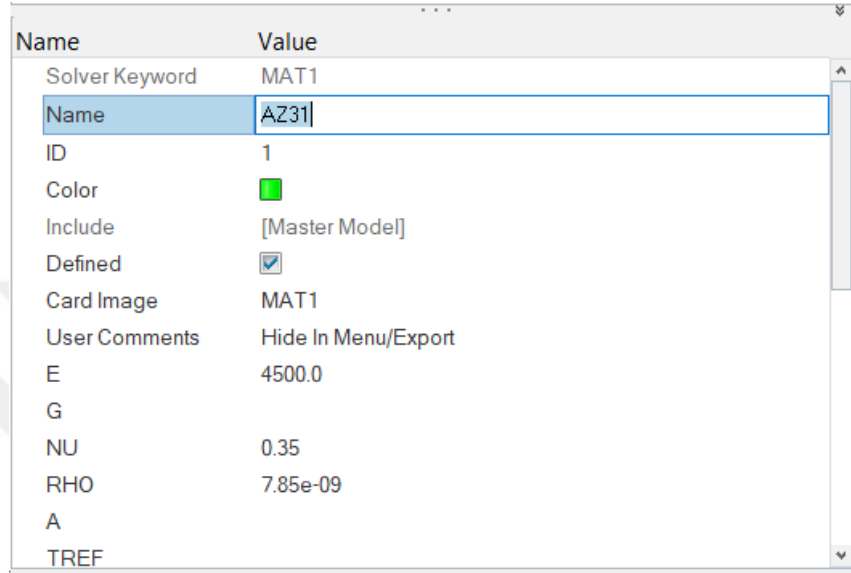
Analiz süreçlerine parçayı Hypermesh programına transfer ederek devam edildi.




Şekil 18. 3 Boyutlu Tasarımın Programa Aktarılması

CAD model Hypermesh yazılımına aktarıldıktan sonra “Compenet” başlığı altında gözükmektedir. Malzeme modelini tanımlamak için “Create sonrasında Material” komutları kullanılarak alt başlık açıldı.

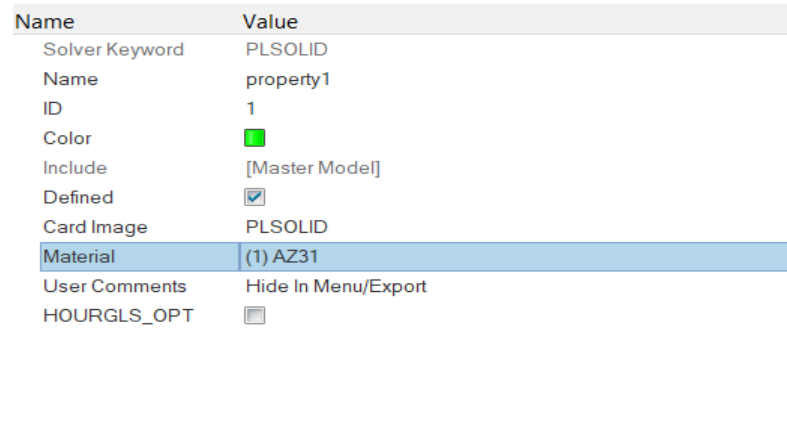
Malzeme isteğe göre adlandırılır. Daha önceki aşamalarda kararlaştırdığımız malzemenin mekanik özellikleri sisteme girildi.




Name	Value
Solver Keyword	MAT1
Name	AZ31
ID	1
Color	
Include	[Master Model]
Defined	<input checked="" type="checkbox"/>
Card Image	MAT1
User Comments	Hide In Menu/Export
E	4500.0
G	
NU	0.35
RHO	7.85e-09
A	
TREF	

Şekil 19. Daha Önce Karar Verilen AZ31 Malzemesinin Özelliklerinin Sisteme Girilmesi

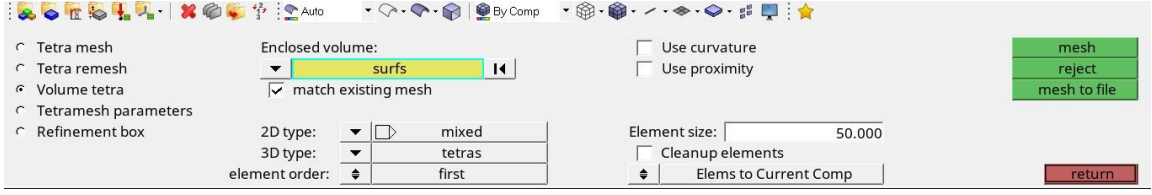
Parça özellik bilgisi tanımlamak için ana ürün ağacı bölümünde “Create ve sonrasında Property” komutu verilir. Adlandırma işleminin ardından Card image seçeneği PSOLID işaretlenir. Özelliğe ait malzeme ataması yapıldı.



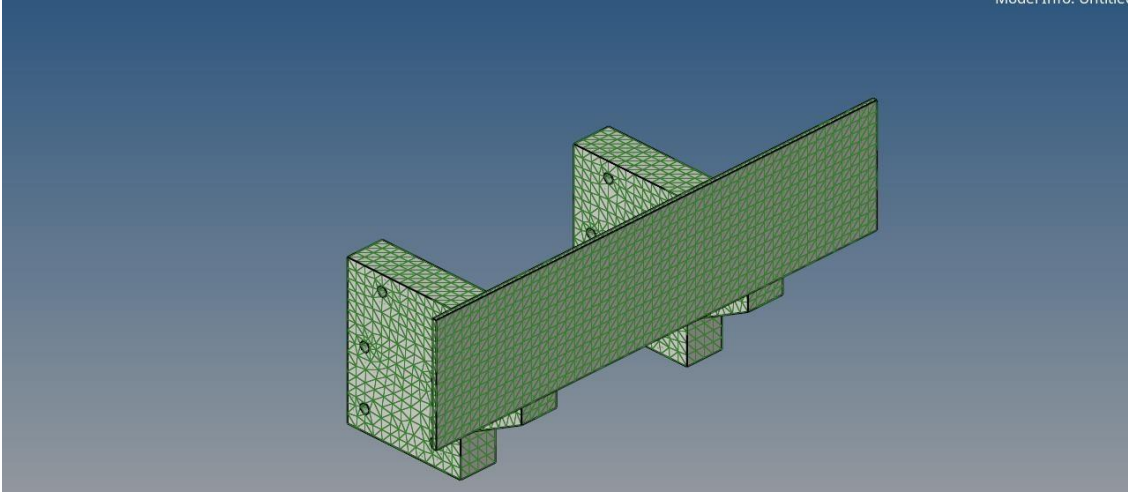
Name	Value
Solver Keyword	PLSOLID
Name	property1
ID	1
Color	
Include	[Master Model]
Defined	<input checked="" type="checkbox"/>
Card Image	PLSOLID
Material	(1) AZ31
User Comments	Hide In Menu/Export
HOURGLS_OPT	<input type="checkbox"/>

Şekil 20. Parçanın Özellik Bilgisinin Ataması

Parçanın ağ yapısını oluşturmak için önce 3D sonra tetramesh ve akabinde Volume tetrakomutları verildi.

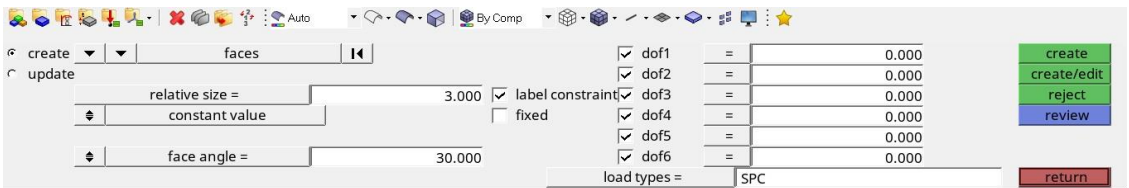


Şekil 21. Parçaya Mesh Atmak İçin Gerekli Parametrelerin Ayarlanması

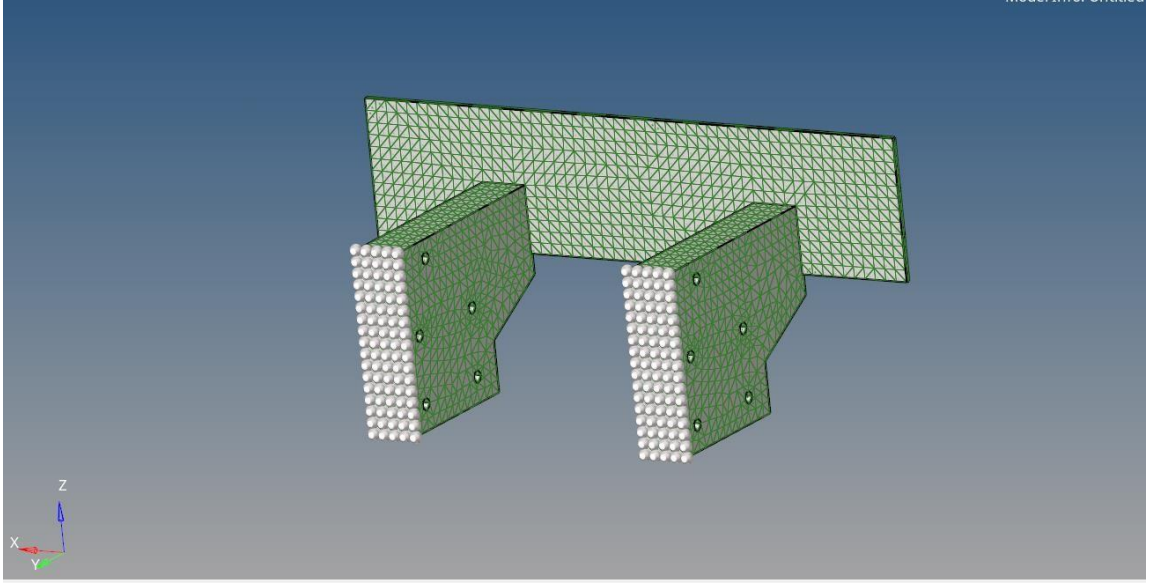


Şekil 22. Mesh Atma İşlemi Yapılmış Model

Parçanın bir kenarındaki motor ve şasi bölümlerine zarar gelmesinin engellenmesi amaçlanan kısımların hareketini kısıtlamak için Analysis sonrasında constraints akabinde istenilen bölüm seçilip create komutu verildi.

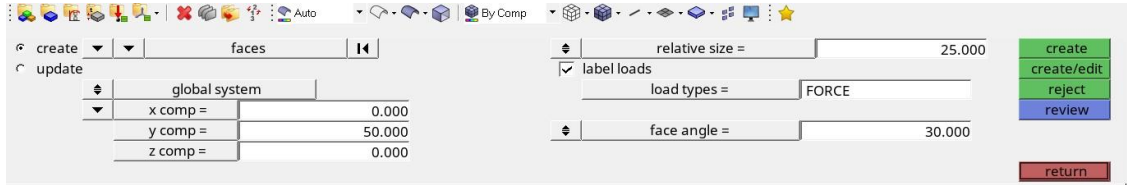


Şekil 23. Simülasyona Kısıt Verme İşlemi

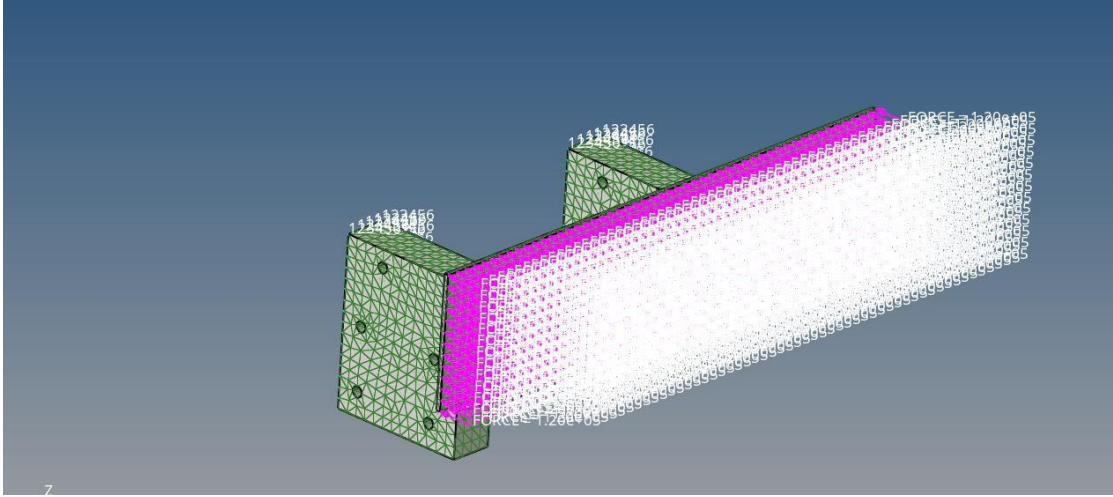


Şekil 24. Kısıt Fonksiyonu Eklenen Yüzey

Parçanın simülasyonunda karşıdan gelecek olan kuvvet tanımlamasını yapmak için Analysis sonrasında forces ve akabinde create komutu verildi. İki tasarım arasında karşılaştırma yapılacağı için kuvvet örnek olarak seçilmiştir.

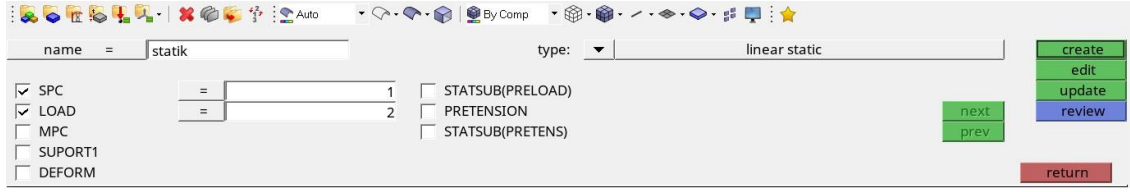


Şekil 25. Simülasyona Kuvvet Verme İşlemi



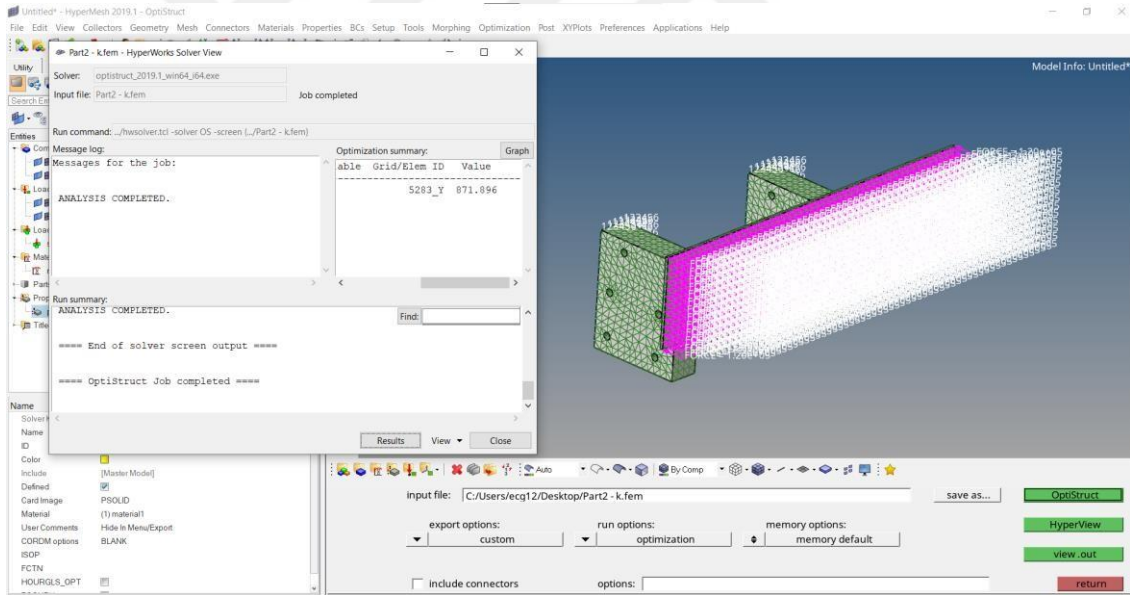
Şekil 26. Kuvvet Fonksiyonu Eklenen Yüzey

Daha sonrasında parça üzerinde verilen komutaların amacının programa ne olduğunun tanıtılması için Analysis ve sonrasında Loadsteps komutu verildi. Analiz tipi linear static olarak seçildi. Daha önce tanımlanan sınır şartları programda tanıtılan SPC ve LOAD seçenekleri ile eşleştirildi.



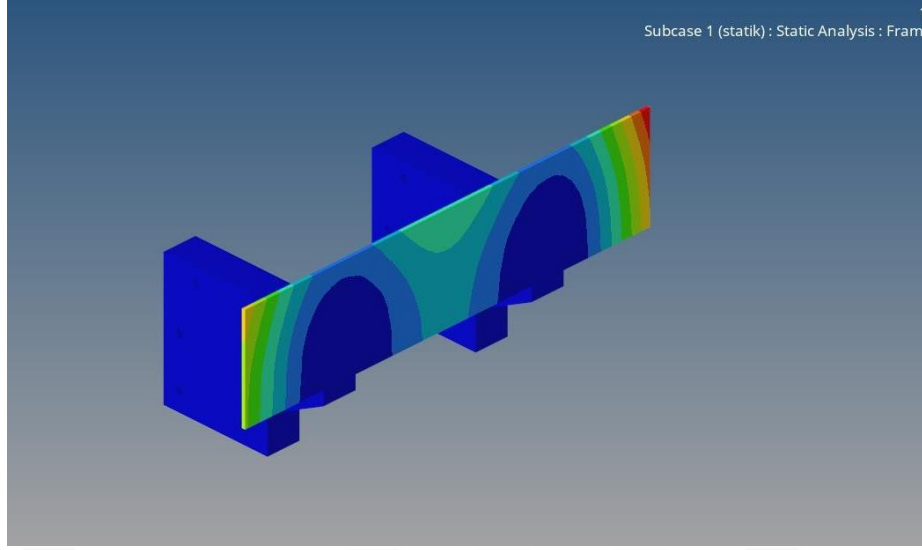
Şekil 27. Hangi Parametrenin Kuvvet, Hangi Parametrenin Kısıt Olduğunu Sisteme Tanıtma İşlemi

Doğal frekans analizi için hazırlanan sonlu elemanlar modelimizi çözdürmek için Analysis ve sonrasında OptiStruct komutları verildi. Job completed yazısını gördüğümüzde analizimizin tamamlandığını anlıyoruz. Sonuçlar için Results seçeneğini kullanır.

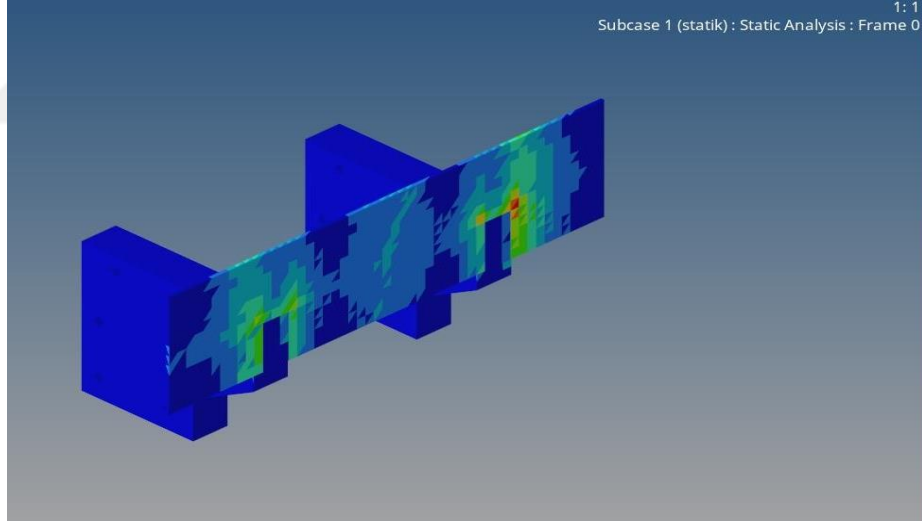


Şekil 28. Analizin Koşturulması

Sonuçların incelenmesi için açılan HyperView penceresinde Conour seçeneği seçilip sonrasında gerilme değeri ya da yer değiştirme değerlerinden hangisinin hesaplanması isteniyorsa seçilir.



Şekil 29. Modelde görülen Deplasman Değişikliği Yoğunluğu



Şekil 30. Modelde Görülen Stress Yoğunluğu

Topoloji optimizasyonu için bir tasarım değişkeni tanımlanacaktır. Optistruck çözücütopoloji optimizasyonu yoğunluk modeli üzerine göre hesaplama yapmaktadır. Bu aşamada tasarım değişkenini tasarlamak için ana menüden Analysis sonrasında optimization ve topology akabinde create komutlarını verdik. Açılan pencerede tasarım değişkeninin adını belirlerdik, PSOLID seçtik, daha önce sisteme eklediğimiz malzemeözelliklerini tanıttık ve tarım değişkenini oluşturmuş olduk.



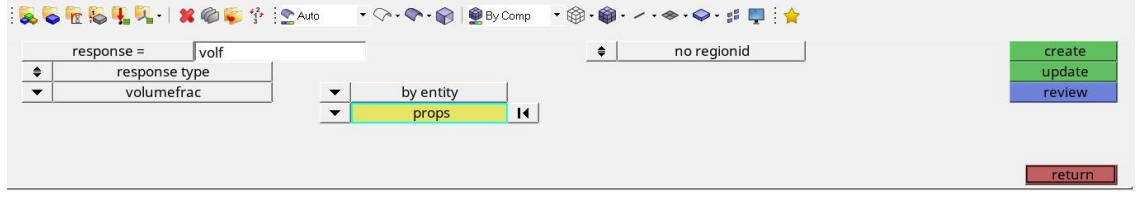
Şekil 31. Analizin Tasarım Değişkeninin Oluşturulması

Tasarım değişkenini sisteme tanımladıktan sonra response'ları tanımlıyoruz, Bu modelde amacımız compliance'ı minimize etmek. Amaç fonksiyonuna Analysis sonrasında optimization ve akabinde responses seçiyoruz. Açılan pencerede fonksiyona isim verdikten sonra type olarak weighted comp seçiyoruz. Daha önceki analiz adımı olan statik isimli load step seçildi.



Şekil 32. Amaç Fonksiyonun Sisteme Girilmesi

Kısıt fonksiyonu olarak ise hacmin boşaltılması amaçlanmaktadır. Bunu sisteme tanıtırken ana menüden Analysis sonrasında optimization akabinde responses seçilir. Açılan pencerede kısıt fonksiyonu adlandırılır. Response type olarak volumefrac, daha önce belirlenen malzeme özelliği seçilir ve kısıt fonksiyonumuz tamamlandı.



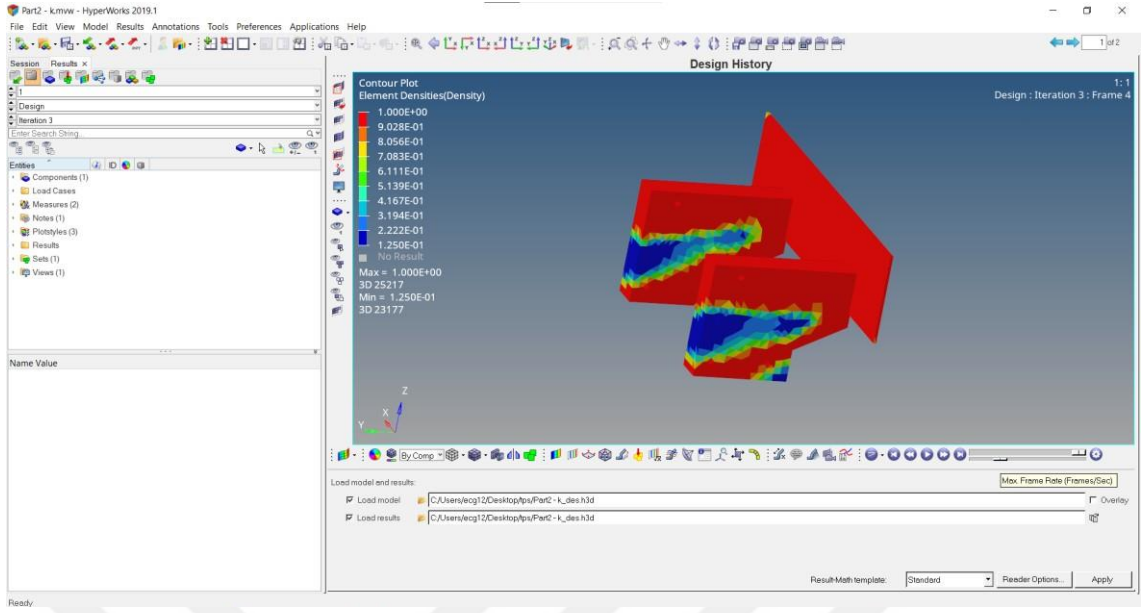
Şekil 33. Kısıt Fonksiyonun Sisteme Girilmesi

Tanımlanan kısıt fonksiyonunda volfrac üst limit değerinin 0.4 olarak işaetliyoruz. Bu değerhacim boşaltma işleminde en fazla %60 boşaltılacaktır anlamına gelmektedir. Bu kısıtı sisteme tanıtmak için Analysis sonrasında optimization akabinde dconstraints seçenekleri ile üst limit upper bound kısmına 0.4 girildi.



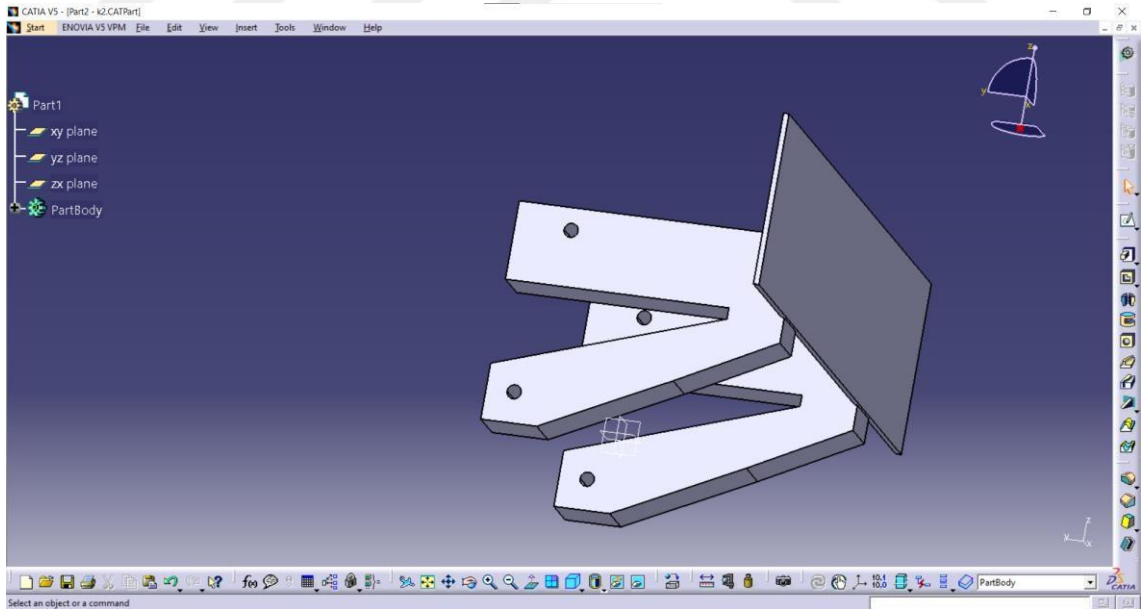
Şekil 34. Maksimum Boşaltma İşlemi Limitinin Sisteme Girilmesi

Gerekli tanımlamalar yapıldıktan sonra sonuçları görmek için analiz koşturulur. Analiz sonuçlandığında daha önce contour seçeneği ile sonuçlar gözlemlenir. Sonuçlar incelendiğinde mavi ile renklendirilen kısımları topoloji işlemine tabi tutacağız anlamına gelir.



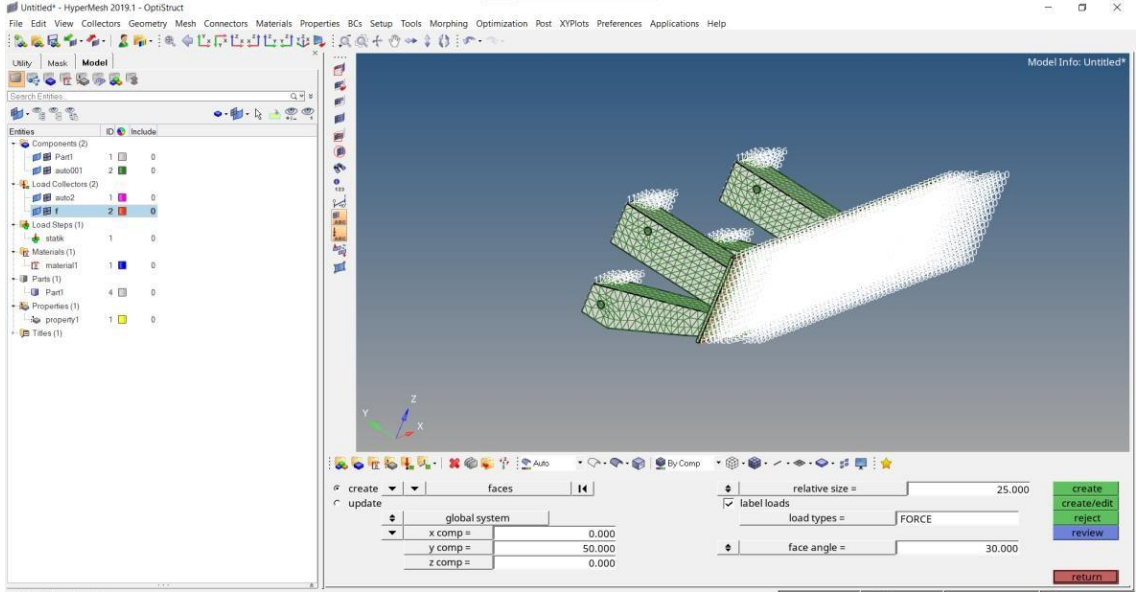
Şekil 35. Analiz Sonucunun Renklendirilmesi

Analiz programından elde edilen sonuçlara göre yeniden CATIA V5 programında tasarım oluşturulur.



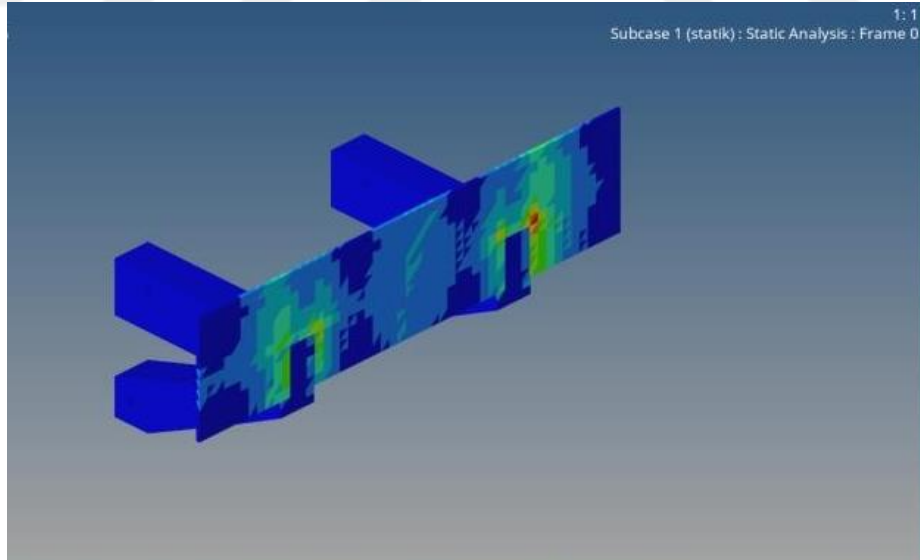
Şekil 36. Analiz Sonucuna Göre Yeniden Tasarlanan 3 Boyutlu Model

Tasarım yeniden Hypermesh programına aktarılarak aynı sınır şartlarında tekrardan analize tabi tutulur.

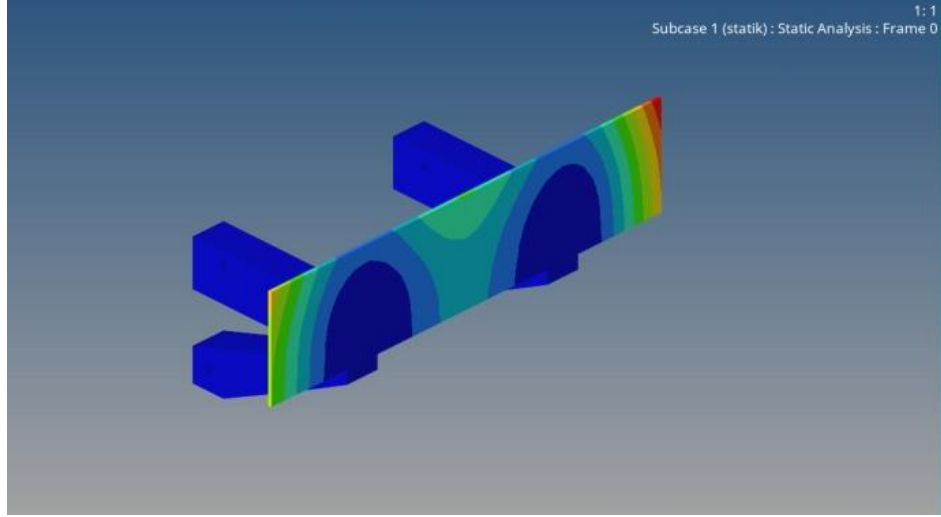


Şekil 37. Yeni Tasarımın Aynı Sınır Şartlar Altında Modellenmesi

Alınan sonuçlarda genel anlamda deplasman ve stres bölgelerinde değişim gözükmemektedir.



Şekil 38. Yeni Modelde Stres Yoğunluk Dağılımı

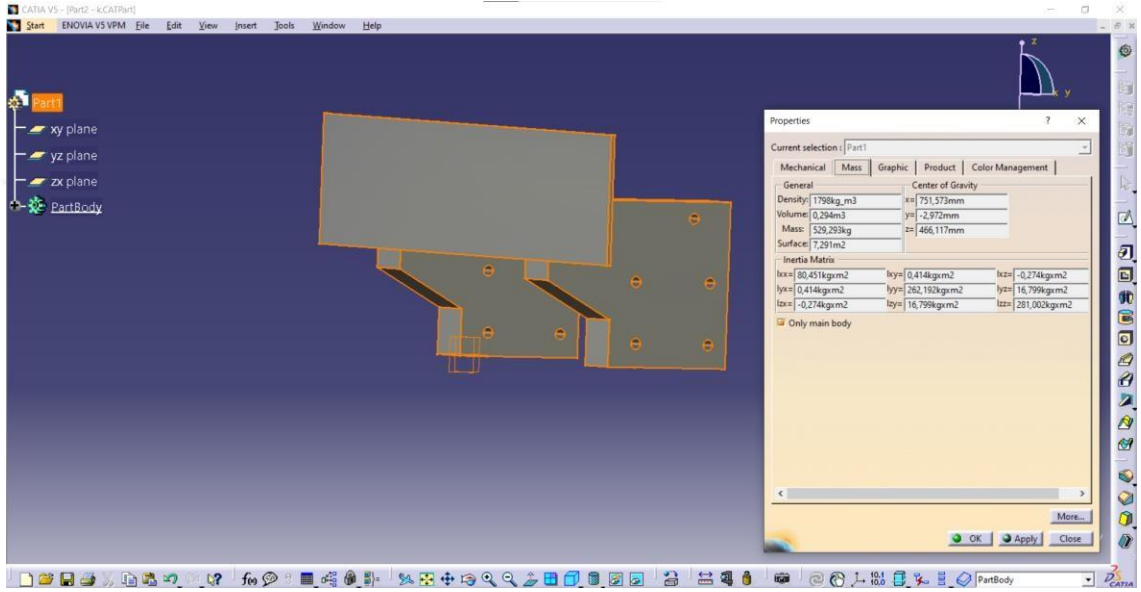


Şekil 39. Yeni Modelde Deplasman Değişikliği Yoğunluğu

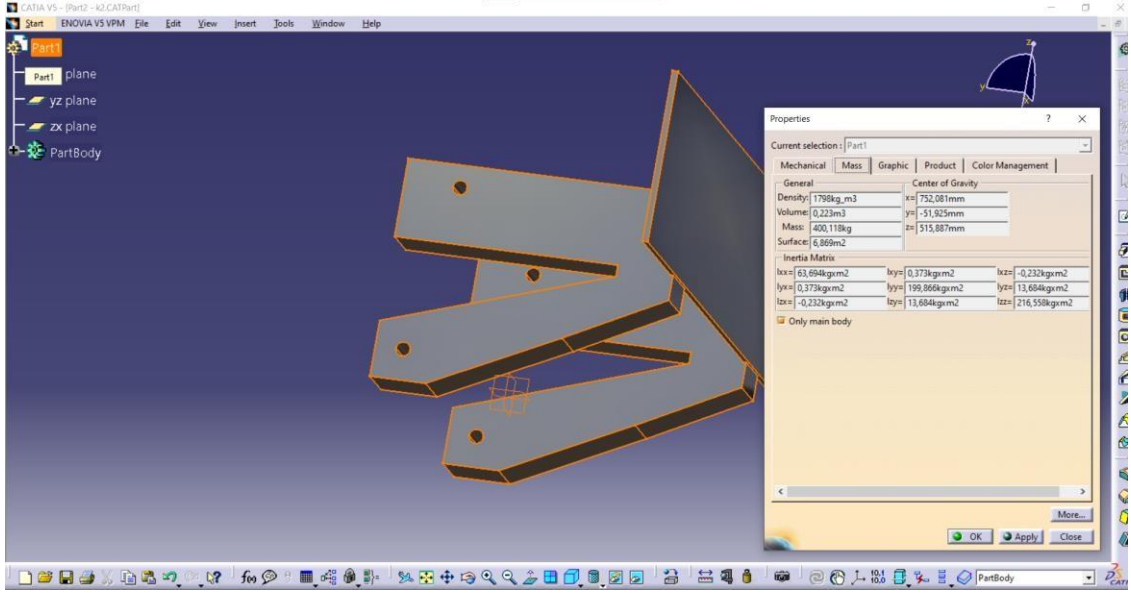
SONUÇLAR VE BULGULAR

Malzemelerin ağırlıklarındaki azalma miktarı deformasyona uğrama miktarından vetalep edilen sınırlar çerçevesinde ise başarılı bir topoloji optimizasyonu olacaktır. Sınır deplasman ölçüleri içerisinde modelimiz başarılı bir performans göstermiştir.

Çizelgelerde değişen ağırlık miktarı ve parçanın göstermiş olduğu performans gösterilmiştir



Şekil 40. Topoloji Öncesi Tasarım Ağırlığının Belirlenmesi



Şekil 41. Topoloji Sonrası Tasarım Ağırlığının Belirlenmesi

Tablo 4.1. Elde edilen sonuçların karşılaştırılması

	Topoloji Öncesi	Topoloji Sonrası	Fark
Ağırlık(kg)	539,293	400,11	%25,8 azalma
Maksimum Stress(mpa)	4,9	2,07	%57,7 azalma
Maksimum Deplasman(cm)	8,72	8,86	%1,60 artış

KAYNAKÇA

- Albak, E. İ.İ., (2019). Formula SAE aracında ağırlık azaltılmasına yönelik fren pedalının topoloji optimizasyonu yöntemiyle optimum tasarımı. *International Journal of Engineering Research and Development*, 11(1):328-334.
- Cho, Y. B. and Bae, C. H. and Suh, M. W. and Sin, H. C., (2006). A vehicle front frame crash design optimization using hole-type and dent-type crush initiator. *Thin-Walled Structures*, 44(4):415-428.
- Giess, M. and Tomas, J., (1998). Improving safety performance in frontal collisions by changing the shape of structural components. *In Proceedings of the 16th International Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*,1:154-156.
- Kohar, C. P. and Zhmagulov, A. and Brahme, A. and Worswick, M. J. and Mishra, R. K. and Inal, K., (2016). Development of high crush efficient, extrudable aluminium front rails for vehicle lightweighting. *International Journal of Impact Engineering*, 95(1):17-34.
- Lanzi, L. and Castelletti, L. M. L. and Anghileri, M., (2004). Multi-objective optimisation of composite absorber shape under crashworthiness requirements. *Composite structures*, 65(3): 433-441.
- Lee, S. and Hahn, C. and Rhee, M. and Oh, J. E., (1999). Effect of triggering on the energy absorption capacity of axially compressed aluminum tubes. *Materials & design*, 20(1):31-40.
- Nakazawa, Y. and Tamura, K. and Yoshida, M. and Takagi, K. and Kano, M., (2005). Development of crash-box for passenger car with high capability for energy absorption. *VIII International Conference on Computation Plasticity*,1:327-328.
- Öztürk, İ. And Kaya, N., (2008). Otomobil ön tampon çarpışma analizi ve optimizasyonu. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 13(1):27-32.
- Tarigopula, V. and Langseth, M., (2005). An experimental and numerical study of energy absorption in thinwalled high-strength sections. *WIT Transactions on Engineering Structures*, 49: 495-507.
- Yamazaki, K. and Han, J., (1999). Maximization of the crushing energy absorption of stiffened and unstiffened square tubes. *In Short Paper Proceedings of the 3rd World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization*, 1:239-240.

- Yamazaki, K. and Han, J., (2000). Maximization of the crushing energy absorption of cylindrical shells. *Advances in Engineering Software*, 31(6):425-434.
- Yıldız, A. R., (2017). Taşıt elemanlarının yapısal optimizasyon teknikleri ile optimum tasarımı. *Politeknik Dergisi*, 20(2):319-323.



• **ÖZGEÇMİŞ**

Adı ve Soyadı : Emre Celal GÜL

Doğum Tarihi :

E-mail :

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Otomotiv Mühendisliği	Uludağ Üniversitesi	2015-2020
Yüksek Lisans	Makine Mühendisliği	Tarsus Üniversitesi	2021- Halen
Ön Lisans	Adalet	Anadolu Üniversitesi	2020-2022

Görevler :

Görev Ünvanı	Görev Yeri	Yıl
Arge Mühendisi	Mersin Toroslar Belediyesi	2021-2024