

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**SU ALTINDA ÇALIŞABİLEN YÜKSEK TONAJLI HİDROLİK  
KAPMA- KURTARMA MEKANİZMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Zeynep ÖZKAN**

**Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Mekatronik Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**MAYIS 2024  
İSTANBUL**

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**SU ALTINDA ÇALIŞABİLEN YÜKSEK TONAJLI HİDROLİK  
KAPMA- KURTARMA MEKANİZMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Zeynep ÖZKAN**  
(210003005)  
(0009-0005-5460-2415)

**Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Mekatronik Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Savaş DİLİBAL**

**İstanbul 2024**



T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Jüri Tez Onay Formu

28.05.2024

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Bu çalışma 28.05.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Mekatronik Mühendisliği (Tezli Yüksek Lisans) Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

**Doç. Dr. Savaş DİLİBAL**

Danışman

İstanbul Gedik Üniversitesi

**Doç. Dr. Haydar ŞAHİN**

Üye (İmza)

İstanbul Gedik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Recep ÖNLER**

Üye (İmza)

Gebze Teknik Üniversitesi

## YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Su Altında Çalışabilen Yüksek Tonajlı Kapma- Kurtarma Mekanizması” adlı çalışmanın, tezin proje aşamasından bitimine kadar olan bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserin Bibliyografya ’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (28/05/2024).

Zeynep ÖZKAN

“Bir insan hayatında büyük bir muvaffakiyet kazanabilir. Fakat, yalnız onunla övünerek kalmak isterse, o muvaffakiyet de unutulmaya mahkumdur. Onun için çalışmak ve daima muvaffakiyet aramak, herkes için esas olmalıdır.”

**M. Kemal ATATÜRK**

## ÖNSÖZ

Tezimi hazırlarken yol gösteren, akademik alanda gelişimimi sağlayıp ilgilenen ve tez danışmanlığımı yapan İstanbul Gedik Üniversitesi öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Savaş DİLİBAL Hocama, Yüksek lisans yapmam için beni cesaretlendiren eşim Önder Özkan'a, yüksek lisans sınıf arkadaşım Burak Özdemir'e, her konuda yardımını esirgemeyen Berkay Çilli ve Gürbüz Bilici'ye, tezimi hazırlarken bana anlayış gösteren ve destek veren işverenlerime teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2024

Zeynep ÖZKAN

---

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
KISALTMALAR .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT .....	xvi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Çalışma Konusu .....	1
1.2. Tezin Amacı.....	3
1.2.1 Tarihinde Meydana Gelen Zorlu Deniz Kazaları .....	7
1.3. Derin Denizlerdeki Kurtarılabilecek Diğer Ekipmanlar.....	8
1.3.1. Uçak Kara Kutuları.....	8
1.3.2. Denizaltı Araçları.....	8
<b>2. SU ALTINDA ÇALIŞABİLEN KAPMA- KURTARMA MEKANİZMALARI ARAŞTIRMA FAALİYETLERİ ÖZETİ .....</b>	<b>11</b>
2.1. Örnek Çalışmalar ve Literatür Araştırması.....	11
<b>3. SU ALTINDA ÇALIŞABİLEN YÜKSEK TONAJLI HİDROLİK KAPMA- KURTARMA MEKANİZMASI .....</b>	<b>41</b>
3.1. Su Altında Çalışabilen Hidrolik Tahrikli Kapma- Kurtarma Mekanizması Tasarım Sınırlarının Belirlenmesi .....	43
3.2. Tasarım- Üretim ve Operasyon Şematik Planı.....	45
3.3. Tasarım Teknik Parametreleri Belirlenmesi .....	46
3.3.1. Operasyon İsterleri ve Tasarım Parametreleri: .....	46
3.4. Sistem Detay Mimarisinin Oluşturulması.....	47
3.4.1 Kapma- Kurtarma Mekanizmanın Hareket Parametrelerinin Belirlenmesi .....	48

3.4.2. Kapma – Kurtarma Mekanizmanın Kuvvet Parametrelerinin Belirlenmesi (Serbest Cisim Diyagramı) .....	48
3.4.3. Kapma – Kurtarma Mekanizmanın Mekanizmanın Malzeme Dağılımı...51	
3.4.4. Kapma – Kurtarma Mekanizmanın Üretim Kaynak İşlemleri Planı .....	52
3.4.5. Kapma – Kurtarma Mekanizmanın Hidrolik Sistemin Belirlenmesi.....	53
3.4.6 Kapma – Kurtarma Mekanizmanın Hidrolik Silindir Seçimi .....	55
<b>4. GEOMETRİK ANALİZLERİ .....</b>	<b>57</b>
4.1. Kapma- Kurtarma Mekanizması Serbest Cisim Diyagramı ve Doğrulamaları .....	57
4.1.1. Kapma- Kurtarma Mekanizması Serbest Cisim Diyagramı Değerlendirmeleri.....	57
4.1.1.1. Kapma- Kurtarma Mekanizması Mapa Konum Belirlemesi .....	57
4.1.1.2 Kapma- Kurtarma Mekanizması Versiyonlar Kol Açıklığı.....	60
4.1.1.2. Kapma- Kurtarma Mekanizması Ansys ile Yüzey Normali ve Yataydan Kuvvet Uygulama .....	62
4.1.1.2.1 Yükleme Durumu 1 (Yatay Yük Uygulama).....	63
4.1.1.2.2 Yükleme Durumu 2 (Yüzey Normali Yönünde).....	64
4.1.1.2.3 Yükleme Durumu 3 (1200 mm Strok - Yük Arttırılmış).....	65
4.2. Kapma-Kurtarma Mekanizma Alternatif Geometrik Kurtarma Kapasiteleri ..	65
4.2.1 Versiyon V2.1 Farklı Stroklara Ait Kol Kurtarma Kapasitesi .....	66
4.2.2 Versiyon V2.2 Farklı Stroklara Ait Kol Kurtarma Kapasitesi .....	67
4.2.3 Versiyon V2.1- V2.2 Farklı Tırnak Açılımları Karşılaştırma .....	68
4.2.4 Temsili Denizaltı Araçları Kurtarma Kol Yerleşim .....	69
4.3. Kapma- Kurtarma Mekanizması Statik Analizi (Seçilen- V3 Versiyonu) .....	71
4.3.1 Yükleme Durumu- 1 .....	74
4.3.2 Yükleme Durumu- 2 .....	76
4.3.3 Yükleme Durumu- 3 .....	79
<b>5. KAPMA KURTARMA MEKANİZMASININ SU ALTINDAKİ HIZLARI, SUYUN İTME KUVVETİ HAD ANALİZLERİ .....</b>	<b>84</b>
5.1 Kapma Kurtarma Mekanizması Geometrik Model .....	84
5.2 Sayısal Analiz Modeli .....	85
5.3 Ampirik Metot.....	89
5.4. Ampirik Direnç Formülasyonu .....	90
5.4. Had Analizleri Değerlendirme .....	90

<b>6. DEĞERLENDİRME.....</b>	<b>92</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>95</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>99</b>



## KISALTMALAR

<b>AUV</b>	: Otonom Sualtı Aracı (Autonomous Underwater Vehicle)
<b>CFD</b>	: Hesaplama Akışkanlar Dinamiği (Computational Fluid Dynamics)
<b>DPS</b>	: Dinamik Konumlandırma Sistemi (Dynamic Positioning System)
<b>DS</b>	: Algılama Sistemi (Detection System)
<b>EMSA</b>	: Avrupa Deniz Emniyeti Ajansı (European Maritime Safety Agency)
<b>FEA</b>	: Sonlu Elemanlar Analizi (Finite Element Method)
<b>GPS</b>	: Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
<b>HOV</b>	: İnsanlı Sualtı Aracı (Human Occupied Vehicle)
<b>MARPOL</b>	: Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships)
<b>PEFC</b>	: Temelli Olay Tetiklemeli Hata Toleranslı Kontrol) (Proportional Logarithmic Projection Analysis)
<b>ROV</b>	: Uzaktan Kumandalı Araç (Remote Operated Vehicle)
<b>SOLAS</b>	: Denizde Can Emniyeti Uluslararası Sözleşmesi (Safety Of Life At Sea)
<b>SPS</b>	: Gemi Konumlandırma Sistemi (Ship Positioning System)
<b>UAMP</b>	: Ulusal Acil Müdahale Planını
<b>UNEP</b>	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UN Environment Programme)
<b>USBL</b>	: Ultra Kısa Taban Çizgisi- Akustik Konumlandırma (Ultra-Short Baseline)
<b>WAAM</b>	: Tel Beslemeli Eklemeli İmalat (Wire-Arc Additive Manufacturing)
<b>WHOI</b>	: Woods Hole Oşinografi Enstitüsü (Woods Hole Oceanographic Institution)

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Kapma- Kurtarma Mekanizması Teknik Özellikleri .....	25
Çizelge 3.1: Hidrolik Kapma- Kurtarma Mekanizması Teknik Özellikleri .....	46
Çizelge 3.2: Hidrolik Silindirlerde Kuvvet Hesaplaması .....	55
Çizelge 3.3: Silindir Seçim Hesap Tablosu .....	56
Çizelge 4.1: Analizler Neticesinde Değişen Hidrolik Silindir Değerleri .....	60
Çizelge 5.1: Su ve Havanın Termodinamik Özellikleri .....	86
Çizelge 5.2: Ampirik Metot .....	89
Çizelge 5.3: Boyutsuz Direnç Formülasyonu .....	89
Çizelge 5.4: Kondisyonlara Göre Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması .....	90

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 1.1:</b> Hidrolik Kapma- Kurtarma (a) Mekanizmasının Yardımcı Deniz Araçları (b) ile Operasyonel Genel Gösterimi.....	5
<b>Şekil 2.1:</b> TV-Kapma-Kurtarma Mekanizması .....	13
<b>Şekil 2.2:</b> Yeni Derin Deniz Kurtarma Sisteminin Şematik Diyagramı.....	14
<b>Şekil 2.3:</b> Yeni Derin Deniz Kurtarma Sisteminin Donanım Blok Diyagramı.....	15
<b>Şekil 2.4:</b> Yeni Sualtı Kurtarma Sistemi ile Kurtarma Sistemi Akış Şeması .....	17
<b>Şekil 2.5:</b> Kapma-Kurtarma Mekanizmasının Tasarımının Taslağı.....	19
<b>Şekil 2.6:</b> Batık Kurtarma Mühendislik Simülasyonun Akış Diyagramı .....	20
<b>Şekil 2.7:</b> Kapma-Kurtarma Mekanizmasının Batık Gemiyi Kurtarma Fotoğrafi.....	21
<b>Şekil 2.8:</b> Kapma-Kurtarma Mekanizmasının Mekanîği.....	22
<b>Şekil 2.9:</b> Kapma-Kurtarma Mekanizmasının Tırnaklarının Gemi Güvertesine Penetrasyon Simülasyonu .....	23
<b>Şekil 2.10:</b> Penetrasyonun Kinetik Enerji ve Tırnakların İvmelenme Eğrisi .....	23
<b>Şekil 2.11:</b> Kapma- Kurtarma Mekanizması Montaj Parçaları.....	25
<b>Şekil 2.12:</b> Kapma- Kurtarma Mekanizması Montaj Parçaları Çalışma Prensibi ve Süreci .....	26
<b>Şekil 2.13:</b> Kapma- Kurtarma Mekanizması Kolların Kilitleme Prensibi.....	26
<b>Şekil 2.14:</b> Kolların Senkron Hareketi: (a) Hidrolik Sistem ve (b) Kontrol Akış Şeması.....	27
<b>Şekil 2.15:</b> Uyarı sistemi, Konumlandırma ve Navigasyon Sistemi .....	27
<b>Şekil 2.16:</b> Kapma – Kurtarma Mekanizmasının Tasarım Akış Şeması .....	28
<b>Şekil 2.17:</b> Kapma – Kurtarma Mekanizmasının Sistem Birleşenleri.....	29
<b>Şekil 2.18:</b> Kurtarma Mekanizmasının Operasyonel Akış Şeması .....	30
<b>Şekil 2.19:</b> Kapma- Kurtarma Sistemi (Solda); Kontrol Sistemi (Sağda) .....	30
<b>Şekil 2.20:</b> Kapma- Kurtarma Mekanizmasının Suya İndirilişi.....	31
<b>Şekil 2.21:</b> Pençeli Bir Su Altı Kurtarma Robotunun Şematik Diyagramı .....	32
<b>Şekil 2.22:</b> Hataya Önleyici Bir Kontrol Şematik Diyagramı .....	33
<b>Şekil 2.23:</b> Comeca'da (Fransa) Test Edilen Kapma – Kurtarma Mekanizması.....	35

Şekil 2.24: “Grab 3000” 'in Sondaj Gemisine Montajı .....	35
Şekil 2.25: ROV ile İşbirliği Yapan Yüksek Basıncılı Su Kesme Cihazı .....	37
Şekil 3.1: Su Altında Çalışabilen Hidrolik Tahrikli Kapma- Kurtarma Mekanizması Örnek Özgün Versiyon Tasarımı .....	43
Şekil 3.2: Kapma- Kurtarma Mekanizması Örnek- Açıklık 7 metre .....	44
Şekil 3.3: Tasarım- Üretim ve Operasyon Şematik Planı.....	45
Şekil 3.4: Kapma- Kurtarma Mekanizmasının Yardımcı Araçtaki Yerleşimi.....	46
Şekil 3.5: Kapma – Kurtarma Mekanizması V3 (Versiyon 3) Ölçüleri .....	48
Şekil 3.6: Trigonometrik Kurallar .....	49
Şekil 3.7: V3 (Versiyon Üç) Serbest Cisim Diyagramı .....	49
Şekil 3.8: Serbest Cisim Diyagramını Matlab ile Doğrulama .....	51
Şekil 3.9: Kapma- Kurtarma Mekanizması Tasarım Malzeme Dağılımı .....	51
Şekil 3.10: Kapma – Kurtarma Mekanizması Hidrolik Devre Şeması .....	54
Şekil 3.11: Kapma – Kurtarma Mekanizmanın Hidrolik Silindir İç Kesiti.....	56
Şekil 4.1: Serbest Cisim Diyagramı Noktasal Gösterimi (Versiyon 3).....	57
Şekil 4.2: Sabit-Dönen- Mapa Yerleşim Noktaları .....	58
Şekil 4.3: Versiyonlar (V1, V2, V3) ve V3 Versiyon İzlediği Yol.....	58
Şekil 4.4: Versiyonlar, Versiyon Bir, Versiyon İki (V1, V2).....	59
Şekil 4.5: Versiyonlar (V1, V2, V3) Stroka Göre Kuvvet Grafiği .....	59
Şekil 4.6: Versiyonlar (V1- V2) Kol Açıklıkları Temsili Gösterimi .....	60
Şekil 4.7: Versiyonlar (V3 - V1- V2-) Kol Açıklıkları .....	61
Şekil 4.8: Yatay Yönde ve Yüzey Normalinde (250 Ton) Kuvvet Grafiği .....	62
Şekil 4.9: Yükleme Durumu 1 (Yatay yük uygulama).....	63
Şekil 4.10: Yükleme Durumu 1- Strok- Kuvvet Eğrisi .....	63
Şekil 4.11: Yükleme Durumu 2 (Yüzey Normali Yönünde).....	64
Şekil 4.12: Yükleme Durumu 2 (Yüzey Normali Yönünde).....	64
Şekil 4.13: Yükleme Durumu 3 (1200 mm Stroka Yüğü Arttırılmış).....	65
Şekil 4.14: Versiyon (V3) Kol Tasarımı Strok-Kuvvet Eğrisi .....	65
Şekil 4.15: Sıfır (0) Strok ve İkiyüz (200) Strok Temsili Kapasite Gösterimi .....	66
Şekil 4.16: 400 Strok ve 600 mm Strok için Temsili Kapasite Gösterimi .....	67
Şekil 4.17: 200 ve 0 mm Strok Değerlerine Ait Temsili Kurtarma Kapasitesi .....	67
Şekil 4.18: 2000 mm Strok Değerlerine Ait Temsili Kurtarma Kapasitesi.....	68
Şekil 4.19: Farklı Versiyonların Temsili Karşılaştırması .....	69
Şekil 4.20: Operasyonel Gösterimler (I).....	69

<b>Şekil 4.21:</b> Operasyonel Temsili Gösterimler (II).....	70
<b>Şekil 4.22:</b> Operasyonel Temsili Gösterimler (III) .....	70
<b>Şekil 4.23:</b> Statik Analiz Modeli – Kalınlık Dağılımı I.....	71
<b>Şekil 4.24:</b> Statik Analiz Modeli – Kalınlık Dağılımı II .....	72
<b>Şekil 4.25:</b> Statik Analiz – Sadeleştirilmiş Model Gösterimi .....	72
<b>Şekil 4.26:</b> Statik Analiz – Malzeme Dağılımı Gösterimi .....	73
<b>Şekil 4.27:</b> Statik Analiz – Ağ Örgüsü (Mesh) Gösterimi.....	74
<b>Şekil 4.28:</b> Statik Analiz – Yükleme Durumu 1 .....	74
<b>Şekil 4. 29:</b> Yükleme Durumu 1- Yer değiştirme Sonuçları.....	74
<b>Şekil 4.30:</b> Yükleme Durumu 1- Eşdeğer Gerilme Sonuçları .....	75
<b>Şekil 4.31:</b> S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı .....	76
<b>Şekil 4.32:</b> S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı (Detay Görünüm).....	76
<b>Şekil 4.33:</b> Yükleme Durumu 2- Yer Değiştirme Sonuçları.....	77
<b>Şekil 4.34:</b> Yükleme Durumu 2- Eşdeğer Gerilme Sonuçları .....	78
<b>Şekil 4.35:</b> S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı .....	79
<b>Şekil 4.36:</b> S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı (Detay Görünüm).....	79
<b>Şekil 4.37:</b> Yükleme Durumu 3- Yer değiştirme Sonuçları.....	80
<b>Şekil 4.38:</b> Yükleme Durumu 3- Eşdeğer Gerilme Sonuçları .....	80
<b>Şekil 4.39:</b> Strenx 700 Malzeme- Eşdeğer Gerilme Sonuçları .....	81
<b>Şekil 4.40:</b> S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı .....	81
<b>Şekil 4.41:</b> S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı (Detay Görünüm).....	82
<b>Şekil 4.42:</b> Statik Analiz Değerlendirme Tablosu.....	83
<b>Şekil 5.1:</b> Basitleştirilmiş Mekanizma Modeli.....	85
<b>Şekil 5.2:</b> HAD Hesaplama Bölgesi Boyutları.....	86
<b>Şekil 5.3:</b> Kondisyon-1 .....	87
<b>Şekil 5.4:</b> Kondisyon-2 .....	87
<b>Şekil 5.5:</b> Kondisyon-3 .....	88
<b>Şekil 5.6:</b> Kurtarma Mekanizma Üstündeki Sayısal Ağ Örgüsü Gösterimi .....	88
<b>Şekil 5.7:</b> Suyun Yoğunluk (1 Atmosfer basınç altında sıcaklığa bağlı) Değişimi ...	90
<b>Şekil 5.8:</b> Boyutsuz Direnç Katsayısını Seçimi .....	90
<b>Şekil 5.9:</b> Kondisyon-2'deki Hız Konturu Görseli.....	91
<b>Şekil 5.10:</b> Kondisyon-3'teki Hız Konturu Görseli .....	91
<b>Şekil 5.11:</b> Mevcut Çalışmalar ile Karşılaştırma Tablosu .....	94

## SU ALTINDA ÇALIŞABİLEN YÜKSEK TONAJLI HİDROLİK KAPMA- KURTARMA MEKANİZMASI

### ÖZET

Bu çalışma, su altında faaliyet gösterebilen ve yüksek tonajlı hidrolik tahrikli kapma kurtarma mekanizmaları için yenilikçi bir yaklaşımın geliştirilmesini amaçlamaktadır. Temel hedefi, geliştirilen mekanizmanın kurtarma operasyonlarını daha verimli, düşük maliyetli, az iş gücü gerektiren ve hızlı bir şekilde yürütebilme kabiliyetine sahip olmasıdır. Özellikle, batık gemi kurtarma operasyonları genellikle hassaslık, yüksek maliyet, büyük bir iş gücü ihtiyacı, tehlike ve uzun hazırlık süreçleri gibi zorlu görevlerle karşılaşmaktadır.

Bu bağlamda, geliştirilen kapma kurtarma mekanizması, bu zorlukların üstesinden gelmeyi amaçlamakta ve batık gemilerdeki potansiyel tehlikelerin -örneğin petrol, mühimmat ve cıva gibi tehlikeli atıkların- sızıntılarının önlenmesi için hızlı bir müdahale imkanı sunmayı amaçlamaktadır. Mekanizmanın su altında etkili bir şekilde çalışabilmesi ve kurtarma operasyonlarını daha güvenli ve verimli hale getirebilmesi için çeşitli teknik özellikler ve entegrasyon yöntemleri ele alınmıştır. Ayrıca, operasyonların başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için uygun eğitim ve yönetim stratejileri de detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Geliştirilen mekanizma, su altında etkili bir şekilde çalışabilmesi ve kurtarma operasyonlarını daha güvenli ve verimli hale getirebilmesi için çeşitli teknik özelliklerle donatılmıştır. Bu özellikler arasında, kolların mekanizma tasarımı öne çıkmaktadır. Bu kollar, 12 metreye kadar kapma açıklığı sağlayabilme özelliğine sahiptir, böylece çeşitli boyutlardaki parçaları güvenle kavrayıp taşıma esnekliği sağlarlar. Mekanizmanın yapıldığı malzemelerin dayanıklılığı da büyük önem taşımaktadır. Aşınmaya karşı dayanıklı malzemelerin kullanılması, mekanizmanın uzun süreli ve yoğun kullanımında dayanıklılığını artırır. Özellikle, Hardox ve benzeri malzemeler yüksek mukavemetleri ve aşınmaya karşı dirençleriyle bilinirler ve su altında çalışma ortamlarında uzun ömürlü performans sağlarlar.

Kurtarma operasyonlarının daha hızlı bir şekilde tamamlanması ve batık gemilerdeki potansiyel tehlikelerin hızlı bir şekilde önlenmesi beklenmektedir. Kurtarma operasyonlarının maliyetinin ve iş gücü ihtiyacının azalması da öngörülmektedir. Bu, operasyonların daha verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacak ve kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlayacaktır. Su altı operasyonlarının güvenliği artırılacaktır. Mekanizmanın mukavim tasarımı ve kullanılan dayanıklı malzemeler, operasyonların güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesini ve potansiyel tehlikeli atık sızıntılarının önlenmesine katkı sağlanacaktır. Hızlı ve etkili bir şekilde yapılan kurtarma operasyonları, batık gemilerdeki potansiyel tehlikeli atık sızıntılarının yayılmasını engelleyerek çevresel riskleri azaltacaktır.

Hidrolik güç ünitesinin kendi çelik gövdesinin içine yerleştirilmesi, mekanizmanın kompakt bir tasarıma sahip olmasını sağlar ve su altında çalışma sırasında koruma sağlar. Bu, mekanizmanın su altında çalışma koşullarına

uygunluğunu artırır ve güvenli bir şekilde operasyon yapılmasını sağlar. Son olarak, 1000 ton altı ekipmanların su altından mümkün olduğunca büyük parçalar halinde kapmasının gerçekleştirilebilmesi, mekanizmanın kurtarma operasyonlarında etkinliğini artırır. Bu teknik özelliklerin bir araya gelmesi, geliştirilen mekanizmanın su altında kurtarma operasyonlarında etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar ve bu da batık gemi kurtarma operasyonlarının daha güvenli ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır.

Sonuç olarak, bu çalışma, su altında çalışabilen yüksek tonajlı hidrolik kapma kurtarma mekanizmalarının geliştirilmesinde yeni bir perspektif sunmaktadır ve özellikle batık gemi kurtarma operasyonlarında daha etkili ve sürdürülebilir bir yaklaşımın benimsenmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Su Altı Kurtarma, Batık Gemi Operasyonları, Su Altı Teknolojisi, Yüksek Tonajlı Kurtarma Mekanizması, Batık, Deniz Kirliliği, Su Altı Enkazları, Yüksek Tonajlı Kapma Kurtarma.*



## **HIGH TONNAGE HYDRAULIC GRABBING AND RESCUE MECHANISM TO OPERATE UNDERWATER SYSTEMS**

### **ABSTRACT**

This thesis aims to develop an innovative approach to the development of high tonnage hydraulically driven grab rescue mechanisms that can operate underwater. The main objective is that the developed mechanism has the capability to carry out salvage operations in a more efficient, cost-effective, less labor-intensive and faster manner.

This thesis aims to develop an innovative approach for high-tonnage hydraulically driven grab rescue mechanisms capable of operating underwater. The primary objective is to create a mechanism that can conduct salvage operations more efficiently, cost-effectively, with less labor, and at a faster pace. Shipwreck salvage operations often encounter challenging tasks such as sensitivity, high costs, significant labor requirements, danger, and lengthy preparation processes. In this context, the developed grab salvage mechanism aims to overcome these challenges and provide a rapid response to prevent potential hazards, such as oil, ammunition, and hazardous wastes like mercury, from leaking from sunken ships. Various technical specifications and integration methods have been addressed to ensure the mechanism can operate effectively underwater, making salvage operations safer and more efficient. Additionally, appropriate training and management strategies for successful operations are examined in detail. The developed mechanism is equipped with various technical features to operate effectively underwater and enhance the safety and efficiency of rescue operations. Notably, the design of the arms stands out for their ability to provide a gripping opening of up to 12 meters, allowing for the safe grasping and transportation of parts of various sizes. The durability of the materials used in the mechanism is also crucial. The utilization of abrasion-resistant materials, particularly Hardox and similar alloys known for their high strength and resistance to abrasion, ensures long-lasting performance in underwater operating environments. It is anticipated that salvage operations can be completed more quickly, thereby swiftly avoiding potential hazards on sunken vessels. Moreover, the cost and labor requirements of salvage operations are expected to decrease, leading to more efficient resource utilization. The safety of underwater operations will be enhanced, thanks to the robust design of the mechanism and the durable materials used, which will help prevent potential hazardous waste spills. Fast and efficient salvage operations will mitigate environmental risks by averting the spread of potential hazardous waste spills from sunken ships. The placement of the hydraulic power unit inside its steel housing allows for a compact design of the mechanism and provides protection during underwater operation. This enhances the suitability of the mechanism for underwater working conditions and ensures safe operation. Lastly, the ability to retrieve under 1000 tons of equipment from underwater in large pieces as possible enhances the effectiveness of the mechanism in rescue operations. The combination of these technical features enables the developed mechanism to be utilized effectively in underwater salvage operations, thereby facilitating safer and more efficient sunken ship salvage operations.

In conclusion, this study offers a fresh perspective on the development of high-tonnage hydraulic grabbing rescue mechanisms capable of operating underwater and aims to contribute to the adoption of a more effective and sustainable approach, especially in submerged ship salvage operations.

**Keywords:** *Underwater Salvage, Shipwreck Operations, Underwater Technology, High Tonnage Salvage Mechanism Underwater Rescue, Sunken Ship Operations, Subsea Technology, High-Tonnage Rescue Mechanism, Wreck, Marine Pollution,*



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Çalışma Konusu

Deniz kirliliği, global çapta deniz ekosisteminin ve insan sağlığının önemli bir tehdidi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu karmaşık sorun, bir dizi ana kaynaktan kaynaklanmaktadır, başlıcaları arasında petrol kirliliği, gemi atıkları, endüstriyel atıklar, kanalizasyon atıkları ve atmosferik deşarjlar gibi faktörler yer almaktadır [1].

Deniz kirliliğinin göz ardı edilemez bir kaynağı olan batık gemiler, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından önemle vurgulanan bir sorundur. UNEP'in tahminlerine göre, dünya denizlerinde yaklaşık üç milyon batık gemi bulunmaktadır. Özellikle Güney Afrika kıyılarında, 1500lü yıllardan günümüze kadar 2700'den fazla geminin kaybolduğu tespit edilmiştir. Ancak daha sonraki araştırmalar, bu sayının yaklaşık 3000'e kadar çıktığını göstermektedir. Bu batık gemilerin çoğu, içlerinde petrol, kimyasallar, ağır metaller, mühimmat ve diğer zararlı kirleticileri barındırmaktadır. Bu durum, deniz ekosistemi ve insan sağlığı üzerinde ciddi bir tehdit oluşturmaktadır [3],[29].

Batık gemilerden kaynaklanan kirlilik, deniz ekosistemine ve insan sağlığına yönelik çeşitli olumsuz etkiler taşımaktadır [6]. Özellikle petrol sızıntıları, deniz canlılarının ölümüne ve su kalitesinin bozulmasına yol açarak ekosistem üzerinde yıkıcı etkilere neden olmaktadır. Bu konuda Uluslararası Petrol Endüstrisi Çevre Koruma Birliği (IPIECA) tarafından hazırlanan raporlar, petrol kirliliğinin biyolojik etkilerini aydınlatma noktasında önemli bir kaynak oluşturmaktadır [28]. Kimyasal kirleticiler, deniz canlılarının sağlığını ve üreme yeteneğini negatif yönde etkileyerek biyoçeşitliliği tehdit etmektedir. Ağır metaller ise insan sağlığına toksik etkileri olan kirleticiler olarak öne çıkmaktadır [7]. Mühimmat kaynaklı patlamalar ise çevreye ve insan sağlığına zarar verebilecek potansiyel tehlikeler içermektedir [2].

Türkiye, denizde can ve mal kayıplarını önleme ve deniz kirliliği ile mücadele konularında uluslararası hukuktan doğan hak ve yükümlülüklerini yerine getirmek için iç hukukunu düzenlemiştir. 2010 yılında kabul edilen Limanlar Kanunu (Kanun No: 618), bu çerçevede önemli bir adımdır [27]. Ayrıca, 2005 yılında

Çıkarılan 5312 sayılı Deniz evresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun ve ilgili uygulama yönetmelikleri de bu alandaki düzenlemeleri içermektedir. Türkiye, bu yasal ereve dahilinde 2011 yılında T.C. evre ve Őehircilik Bakanlığı aracılığıyla Ulusal Acil Müdahale Planı'nı (UAMP) yayımlamıŐ ve evre denizlerinde "Deniz Kirliliği Acil Müdahale Sorumluluk Sahalarını" belirlemiŐtir. Ayrıca, denizde can ve mal emniyetini korumak amacıyla 2020 yılında "Türk Arama Kurtarma Bölgesi Sınırlarını" da içeren Deniz ve Hava Araçları Kazalarında Arama Kurtarma Yönetmeliği yürürlüğe girmiŐtir. Bu düzenlemeler, Türkiye'nin deniz çevresinin korunması ve deniz kirliliği ile etkin mücadele edilmesi için önemli adımlardır [9].

Deniz kazaları ve gemi yangınları, uluslararası toplum için ciddi çevresel ve ekonomik riskler oluŐturur. Bu tür felaketlerin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için uluslararası sözleŐmeler yapılmıştır. Tanker yangınlarının kontrol altına alınması veya söndürülmesi, genellikle büyük mali yatırımları gerektirir ve çevreye verilen zararlar geri dönüŐü olmayan boyutlara ulaŐabilir. Independenta tankeri kazası gibi olaylar, uzun süre devam eden yangınlar nedeniyle ciddi çevresel kirliliklere ve ekonomik kayıplara yol açabilir. Bu kaza, İstanbul Boğazı'nda meydana gelmiş ve aylarca süren bir yangına sebep olmuştur. Bu yangınlar, deniz suyunun kirlenmesine, deniz yaŐamının zarar görmesine ve hava kalitesinin bozulmasına neden olmuştur. Ayrıca, kazanın temizlik ve rehabilitasyon çalışmaları için gereken maliyetler oldukça yüksektir. Deniz ekosistemi hem de kıyı bölgeleri üzerinde geri dönüŐü olmayan zararlara yol açmıştır. Sayısız örneklerden de görülebileceği gibi hızlı müdahalenin önemi büyüktür nk yangınların uzun süre devam etmesi, çevresel etkilerin ve ekonomik kayıpların artmasına neden olmaktadır. Uluslararası toplumun bu tür olaylara hızlı ve etkili bir Şekilde müdahale etmesi, çevresel zararları en aza indirmeye yardımcı olabilir. Bu nedenle, uluslararası sözleşmelerin yanı sıra gemi taşımacılığı endüstrisinin daha sıkı denetlenmesi ve güvenlik standartlarının yükseltilmesi önemlidir. Bu sayede, benzer felaketlerin tekrarlanma olasılığı azaltılabilir ve çevreye verilen zararlar minimize edilebilir [5].

Kapma-kurtarma mekanizması, batık araçlardan kaynaklanan deniz kirliliğinin önlenmesi ve azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu

mekanizmalar, batık araçların daha hızlı ve verimli bir şekilde kurtarılmasını sağlayarak, kirletici maddelerin deniz ortamına yayılmasını önleyebilmektedir [1].

Uluslararası denizcilik konvansiyonlarının gelişimi, tarihsel deniz kazalarının ardından alınan dersler ve kazaların yol açtığı çevresel etkilerin incelenmesiyle şekillenmiştir. Birçok örnek sıralanabilir, SOLAS 1914 sözleşmesi, Titanik faciasında yaşamını yitiren 1503 kişinin ardından ortaya çıkmıştır, bu facia, gemi kazalarının ciddi sonuçlarını ve güvenlik önlemlerinin önemini vurgulamıştır. Aynı şekilde, MARPOL 1973, Manş Denizi'ni 120.000 ton ham petrolle kirleten Torrey Canyon kazasının ardından düzenlenmiş, ancak imzalanması gecikmiştir. Ancak, 1976 ve 1977'deki büyük kirlilik yaratan Amoco Cadiz ve Argo Merchant kazalarının ardından MARPOL 1978 protokolü imzalanmıştır. Bu kazalar, deniz kirliliği konusunda uluslararası düzenlemelerin önemini vurgulamıştır. Herald of Free Enterprise, Estonia, Exxon Valdez, Achille Lauro, Braer, Erika ve Prestige gibi gemiler, deniz kazalarının ardından yapılan araştırmalar sonucunda yeni düzenlemelerin ve güvenlik önlemlerinin uygulanmasına yol açmıştır. Örneğin, ISM kodu, Ro-Ro yolcu gemilerine getirilen sıkı kurallar, çift cidarlı tankerler ve AB Deniz Güvenliği Kuruluşu'nun etkinliğinin artması, bu kazalardan çıkarılan derslerin ürünüdür [5]. Bu düzenlemeler ve tedbirler, deniz kazalarının insan ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmayı hedeflemektedir.

Dünya genelinde artan hukuksal ve ticari düzenlemeler, batıkların çıkarılması konusundaki yükümlülükleri güçlendirmiş ve batık gemilerin çıkarılmasıyla ilgili hukuki zorunlulukları ortaya çıkarmıştır. Bu önlemler, deniz kirliliğinin azaltılması ve denizcilik güvenliğinin artırılması için uluslararası çapta önemli adımlar olarak değerlendirilmektedir [11].

## **1.2. Tezin Amacı**

Denizcilik tarihi boyunca, gemi enkazları sıklıkla denizlerin koyu sularına gömülmüştür. Bu batıklar sadece geçmişe ait tarihi ve arkeolojik bir zenginliği temsil etmekle kalmaz, aynı zamanda deniz taşımacılığı ve denizcilik teknolojisinin evrimi hakkında da kıymetli bilgiler içermektedir. Derin sulardaki batıkların kurtarılması, sualtı mühendisliğinin değerli bir disiplini haline gelmiş ve bu alanda önemli bir gelişim göstermiştir [4]. Son yıllarda, batık gemi kurtarma teknolojisindeki gelişmeler, daha önce erişilemez olan bu enkazları kurtarmamızı ve incelememizi

mümkün kılmıştır. Bu tez, özellikle batık gemi kurtarmada kullanılan hidrolik tahrikli bir kapma kurtarma mekanizmasının tasarımını ve analizini ele alacaktır. Kapma – kurtarma mekanizması, derin denizlerde batık gemileri ve diğer enkazları kurtarmak için kullanılacak bir araçtır. Çalışma, mekanizmanın tasarım gereksinimlerini sistematik olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, çeşitli tasarım seçenekleri değerlendirilecek ve en uygun tasarımı belirlemek için bir analiz modeli geliştirilecektir. Geliştirilen model, farklı tasarım seçeneklerini karşılaştırmak için kullanılacak ve sonuç olarak en uygun tasarımın belirlenmesine yardımcı olacaktır. Bu sürecin sonunda, mekanizmanın nihai tasarımı belirlenerek tamamlanmış olacaktır.

Hidrolik tahrikli kapma- kurtarma mekanizmasının batık gemilerden kaynaklanan deniz kirliliğinin önlenmesi ve azaltılmasındaki önemi incelenecektir. Çalışma da temel alınan esaslar şunlardır;

- Batık gemilerden/enkazlardan kaynaklanan deniz kirliliğinin boyutları ve etkileri incelenecektir. Bu çerçevede, deniz kirliliğinin genişliği ve çeşitli ekosistemlere olan etkisi detaylı olarak mevcut yapılan çalışmalar değerlendirilecek ve batık gemilerden kaynaklanan deniz kirliliğinin önlenmesi ve azaltılmasına etkisinin öngörülleri üzerinde durulacaktır.
- Hidrolik tahrikli kapma-kurtarma mekanizmasının tasarımı ve işleyişi üzerinde odaklanılacaktır. Bu bağlamda, mekanizmanın hidrolik sistem şematikleri detayları, malzeme dağılımı ve operasyonel detayları incelenecek ve açıklanacaktır.
- Hidrolik tahrikli kapma-kurtarma mekanizmasının yapısal analizleri ve hidrostatik analizlerini içermektedir. Mekanizmanın dayanıklılığı ve performansı üzerindeki etkileri belirlemek amacıyla yapısal analizler gerçekleştirilecektir. Bu analizler, mekanizmanın malzeme seçimi, yapısal sağlamlık ve dayanıklılık açısından değerlendirilmesini içerecektir. Ayrıca, mekanizmanın su altındaki davranışını incelemek için hidrostatik analizler gerçekleştirilecektir. Bu analizler, mekanizmanın su altında çalışma kapasitesini ve güvenliğini inceleyecek ve açıklanacaktır.

Çalışmanın sonucunda, kapma-kurtarma mekanizmasının batık gemilerden kaynaklanan deniz kirliliğinin önlenmesi ve azaltılmasında önemli bir potansiyele

sahip olduğu sonucuna varılacak ve değerlendirilecektir. Bu sonuç, deniz kirliliğiyle mücadelede etkili bir araç olarak mekanizmanın rolünü vurgulamaktadır. Ayrıca, bu bulgu, deniz çevresinin korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanması açısından stratejik öneme sahiptir ve ilgili paydaşlar için rehberlik sağlayabilir (Şekil 1.1).



(a)



(b)

**Şekil 1.1:** Hidrolik Kapma- Kurtarma (a) Mekanizmasının Yardımcı Deniz Araçları (b) ile Operasyonel Genel Gösterimi

**Kaynak:** (tgs-grabs.nl, Erişim 02.01.2024)

Çalışma, su altında çalışabilen yüksek tonajlı bir kapma - kurtarma mekanizması geliştirme amacı gütmektedir. Bu mekanizmanın tasarımı ve operasyonu, kurtarma operasyonlarının maliyetini düşürmek, iş gücünü azaltmak ve süreci daha hızlı hale getirmek için odaklanmıştır. Temel hedef, hızlı ve etkili bir müdahale sağlamak ve çevresel zararları en aza indirmektir. Geleneksel yöntemlere kıyasla daha etkili bir çözüm sunarak, çevresel sorunların minimize edilmesine yönelik olarak bu mekanizmanın kullanımı üzerinde durulmaktadır. Bu çalışma, çevresel hassasiyeti ve operasyonel verimliliği bir araya getirerek, deniz kirliliği ile mücadelede daha etkili ve sürdürülebilir bir yaklaşım sunmayı amaçlamaktadır. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen su altı kurtarma mekanizmasının çevresel müdahalede önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Çalışmada, su altında çalışabilen yüksek tonajlı hidrolik kapma-kurtarma mekanizmalarının çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir rol oynayabileceği konusunda bilimsel ve pratik bir katkı sağlamayı hedeflemektedir. Tez kapsamında, batık gemilerin kurtarılması için yeni bir mekanizma tasarlamak amaçlanmaktadır.

Tasarlanan mekanizmanın başlıca hedefleri şunlardır:

**Operasyonların daha basit mekanik tasarım haline getirilmesi:**

Tasarlanan mekanizma, halatlar yerine hidrolik silindirlere kullanılarak daha basit ve güvenli bir tasarıma sahiptir.

**Operasyon maliyetlerinin düşürülmesi:** Tasarımdaki mekanizma, mevcut mekanizmalara kıyasla daha dayanıklı metaller kullanılarak hafifletilerek maliyetlerin düşürülmesine odaklanmaktadır. Bu sayede, maliyetlerin azaltılması hedeflenmektedir.

**Operasyon süresinin kısaltılması:** Tasarlanan mekanizma, mevcut mekanizmalara göre daha hızlı bir şekilde çalışmaktadır. Bu sayede, operasyon süresinin kısaltılması hedeflenmektedir.

Tez kapsamında, aşağıdaki hususlar üzerinde durulacaktır:

- Batık gemilerin kurtarılmasında kullanılan mevcut mekanizmalar incelenecektir.
- Yeni mekanizmanın tasarımı ve analitik hesapların analizler ile doğrulanması yapılacaktır.

- Yeni mekanizmanın tasarım analizi, farklı geometrik yapılarda yapılarak değerlendirilecektir.

### **1.2.1 Tarihinde Meydana Gelen Zorlu Deniz Kazaları**

Dünya yüzeyinin çoğunluğu derin derinliğe sahip olup, 2000 metreden daha derin deniz alanları, okyanusların %84' ünü oluşturmaktadır. Bu durum, havacılık kazaları gibi olaylarla birlikte Air France 447 ve Malezya Havayolları MH370 gibi örneklerde görüldüğü gibi, derin deniz arama ve kurtarma operasyonları için yeni zorlukları beraberinde getirmektedir. Derin denizde arama ve kurtarma faaliyetlerinin zorluğu, deniz altı araçları kullanılarak yapılan ve kullanılmayan operasyonlar arasındaki farklar da dikkate alınarak incelenmiştir [13].

Türkiye denizcilik tarihinin de en trajik ve unutulmaz olaylarından biri olan Dumlupınar denizaltısı faciası (1953), sadece 81 cesur denizcinin hayatını değil, aynı zamanda denizcilik teknolojisinin sınırlarını da zorlamıştır [10]. Dumlupınar'ın kurtarılamaması, derin denizlerde batık gemi kurtarma operasyonlarının karmaşıklığı ve zorluklarını gözler önüne sermektedir. Dumlupınar, Electric Boat Co. tarafından Groton, Connecticut'ta 1944 yılında üretilen Balao sınıfı bir denizaltı olarak ABD Deniz Kuvvetleri envanterine dahil edilmiştir [12]. Dumlupınar'ın kurtarılamamasının temel sebebi, derinliği ve enkazın durumu olmuştur. Bu derinlikte su basıncı yüksektir ve kurtarma ekipleri için büyük riskler oluşturmaktadır. Ayrıca, Dumlupınar'ın batması sırasında oluşan hasarlar ve denizaltının yıllar boyunca denizin içinde kalması, kurtarma operasyonunu daha da zor hale getirmektedir. Dumlupınar'ın kurtarılamaması, o dönemde Türkiye'deki denizcilik teknolojisinin sınırlarını gözler önüne serse de, bu alan son yıllarda önemli gelişmeler kaydetmiştir. Daha gelişmiş dalış ekipmanları, su altı robotları ve uzaktan kumandalı araçlar gibi teknolojiler, derin denizlerde kurtarma operasyonlarını daha güvenli ve etkili hale getirmektedir. Bu gelişmeler ışığında, Dumlupınar'ın gelecekte kurtarılması için umut ışığı hala varlığını sürdürmektedir. Derin denizlerde batık gemi kurtarma operasyonlarının karmaşıklığı ve zorlukları, Dumlupınar örneğinde açıkça görülmektedir. Gelecekte, Dumlupınar'ın denizlerin derinliklerinden kurtarılması ve Türk denizcilik tarihine ışık tutması mümkün olabilir.

### **1.3. Derin Denizlerdeki Kurtarılabacak Diğer Ekipmanlar**

Araştırmalarda, çoğu kurtarma nesnesi suda <1000 Kg'dan ağır olmadığı belirtilmiştir. Deniz kurtarma operasyonlarında, temel olarak uçaklara ait kokpit veri kayıt cihazları, su altı robotları (ROV ve benzeri) ile hasar görmüş sualtı araçları ve deniz tabanında kaybolan diğer nesnelerin kurtarılması esas alınmaktadır [13].

#### **1.3.1. Uçak Kara Kutuları**

Denizaltı aramalarında uçak kara kutularının en göze çarpan üstünlüğü, gemi akustik konumlandırma sistemleri tarafından algılanabilen su altı konumlandırma işaretleriyle donatılmış olmalarıdır. Bu özellik, akustik sinyallerin tespiti ve kesin konumların belirlenmesi için kritik bir avantaj sağlar. Kara kutular, yaklaşık 50 cm uzunluğunda ve yaklaşık 10 kg su altı ağırlığına sahip olan, turuncu-kırmızı renkli, dikdörtgen paralel yüzlü veya silindirik yapıya sahip cihazlardır. Kurtarma sistemleri için, uçak kara kutularının ayırt edici özellikleri, bir manipülatör tarafından kavranabilir küçük boyutu ve hafifliği gibi özelliklerdir. Uçak kazalarıyla ilgili araştırmalarda, kara kutuların konumlarının belirlenmesi ve kurtarılması önemli bir adımdır. Bu nedenle, genellikle bu tür durumlarda bir ROV (Uzaktan Kumandalı Araç) gönderilir. Örneğin, Malezya Havayolları'na ait MH370 uçuşunun düştüğü tahmin edilen bölgenin belirlenmesi için detaylı analizler yapılmıştır. Bu bölge yaklaşık 60.000 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır ve su derinliği ortalama 4000 metre ile maksimum 7800 metreden daha derindir. Ancak, okyanus tabanı ile ilgili verilerin eksikliği, arama ve kurtarma çalışmalarını oldukça zorlu hale getirmektedir. Örneğin, MH370'in düştüğü bölgenin detaylı ve doğru bir topografik haritası bulunmamaktadır. Bu nedenle, uydu altimetreleri gibi teknolojiler kullanılarak deniz tabanının topografik haritası elde edilmeye çalışılmıştır, ancak bu haritaların doğruluğu sınırlıdır. Bu tür kurtarma operasyonları ve araştırmalar, teknik bilgi ve uzmanlık gerektiren alanlardır. Verilerin doğruluğu ve analiz yöntemlerinin hassasiyeti büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, doğru teknik ekipmanların kullanımı ve uzman ekiplerin yönlendirmesi kritik bir rol oynamaktadır [13].

#### **1.3.2. Denizaltı Araçları**

Bilim ve mühendislik sahalarındaki devamlı gelişmeler, ROV (Uzaktan Kumandalı Araç) ve AUV (Otonom Denizaltı Araçları) gibi su altı araçlarının çalışma derinliklerini ve sürelerini artırmıştır. Ancak, su yüzeyi ve su altı ortamının

karmaşıklığı, bu tür araçlarda çeşitli bileşenlerin arızalarını kaçınılmaz kılmaktadır. Sensörler, kablolar, yazılım sistemleri, aktüatörler ve yüzdürme malzemeleri gibi bileşenler arasında bu arızalar sıkça görülmektedir. Su altı araçları genellikle derin sularda veya buz altında çalıştıkları için, herhangi bir bileşen arızası aracın işlevsiz hale gelmesine ve hatta batmasına neden olabilir. Nötr yüzdürücü kompozit fiber halatlar, genellikle ağır ve büyük boyutlu enkazların derin sulardan kurtarılmasında kullanılan özel halatlardır. Bu halatlar, yüksek mukavemetli ve hafif malzemelerden üretilir ve su altı ortamlarında dayanıklılık gösterirler. Halatın dibe bağlanması ve enkazın yüze çıkarılması işlemlerinde derin deniz ROV/HOV (Uzaktan Kumandalı/İnsan Operasyonlu Araç) kullanılır. ROV/HOV, halatı enkazın altına güvenli bir şekilde bağlamak ve ardından kontrollü bir şekilde yüze çekmek için tasarlanmış özel ekipmanlarla donatılmıştır. Bu şekilde, su altında oluşan çeşitli kazalara müdahale edilirken, teknik açıdan uygun ve güvenilir bir yöntem izlenir. Enkazın ağırlığı çok büyük değilse, kapma-kurtarma mekanizması gibi mekanik bir cihaz onu kurtarmak için özel olarak tasarlanabilir. [13] 2009 yılında, Air France Uçuş 447, 3900 m derinlikte kara kutusu ile birlikte Atlantik Okyanusu'nda, 2011 yılında WHOI tarafından REMUS 6000 AUV ve 6000 ROV' u tarafından kurtarılmıştır. Air France Uçuş 447, 2009 yılında Atlantik Okyanusu'nda bir uçak kazası sonucunda düşmüştür. Bu olayın ardından, 2011 yılında, Atlantik Okyanusu'nun derinliklerinde, yaklaşık olarak 3900 metrelik bir derinlikte, uçağın enkazının büyük bir kısmını tespit etmek amacıyla REMUS 6000 otonom sualtı aracı (AUV) tarafından yan tarama sonarı kullanılmıştır. Daha sonra, uçağın kara kutusunu kurtarmak için Phoenix International tarafından geliştirilen ve Remora 6000 ROV'u olarak bilinen uzaktan kumandalı araç devreye alınmış ve bu kurtarma operasyonu başarıyla tamamlanmıştır [13]. Ancak, derin deniz ROV ve HOV'larının yüksek kullanım ve bakım maliyetleri ve sınırlı çalışma derinlikleri nedeniyle, 2003 yılında kaybolan Kaiko ROV (Hashimoto vd., 2004), 2005 yılında kaybolan Autosub-2 AUV (Strutt, 2006), 2010 yılında kaybolan ABE AUV ve 2014 yılında kaybolan Nereus HROV (Showstack, 2014) gibi yüksek değere sahip su altı ekipmanlarının kurtarmaları zordur. Derin deniz veya buz altında kurtarılamayan sualtı ekipmanlarının arızalarının nedeni, genellikle mevcut kanıtlara dayanarak tahmin edilir ve doğrulanamaz. Bu durum, derin deniz kurtarma operasyonlarında kullanılan teknolojinin önemini vurgular. Derin deniz ROV'ları (Uzaktan Kumandalı Araçlar) veya HOV'ları (İnsan Operasyonlu Araçlar), su altındaki batık nesnelere

kurtarılmasında kritik bir rol oynarlar. Ancak, bu sistemlerin karmaşıklığı ve maliyeti, onları genellikle sadece büyük çaplı kazalar veya kritik öneme sahip ekipmanların kurtarılması için kullanılabilir hale getirir.

Örneğin, 1966'da ABD Donanması'nın CURV I ROV'u, İspanya yakınlarında 914 metre derinlikte kaybolan bir hidrojen bombasını kurtarmak için Alvin HOV ile iş birliği yapmıştır. Benzer şekilde, 1986'daki ABD Challenger uzay mekiği faciasından sonra, denizaltılar ve ROV'lar, 50 ton atık film ve enkazın kurtarılması gibi büyük ölçekli operasyonlarda önemli bir rol oynamıştır. Bu tür operasyonlar, sualtı teknolojisinin gelişimi ve derin deniz kurtarma yeteneklerinin önemini vurgulamaktadır. [13].



## 2. SU ALTINDA ÇALIŞABİLEN KAPMA- KURTARMA MEKANİZMALARI ARAŞTIRMA FAALİYETLERİ ÖZETİ

### 2.1. Örnek Çalışmalar ve Literatür Araştırması

Bu bölümün amacı, belirlenen araştırma problemi hakkında daha önce alternatif veya amaca uygun mevcut çalışmaların incelenmesi ve mercek altına alınmasıdır.

**Zhang, T. ve Arkadaşları [13].** Çin'deki Qingdao şehrinde bulunan Ulusal Derin Deniz Merkezi'nde çalışmaktadır. Çalışmalarında, derin denizlerde kaybolan nesnelerin arama ve kurtarma operasyonlarında su altı araçlarının (Underwater Vehicles - UV) kullanımının önemini analiz etmişlerdir. Araştırma, nesnelerin kurtarılması ve çıkarılması için kullanılan yöntemlerin temelini oluşturan akustik sinyal araması ve derin deniz tabanı süpürme araması tekniklerine odaklanmaktadır. Bu yöntemler, su altındaki değerli nesnelerin (örneğin, uçak kara kutuları, su altı araçları ve kazalı araçlar) tespit edilmesini sağlamaktadır. Kurtarılacak objenin akustik sinyal taşıyıp taşımadığına bağlı olarak, bu **iki yöntem** (su altı araçları ile ve su altı araçları olmadan) önerilmiştir. Akustik sinyal araması, nesnenin su altında yaydığı ses sinyallerini kullanarak konumunu belirlemeye yönelik bir yöntemdir. Bu yöntem, nesnenin sahip olduğu akustik sinyalinin yoğunluğu, frekansı ve yayılma karakteristikleri gibi faktörler üzerinde odaklanır. Diğer yandan, derin deniz tabanı süpürme araması ise su tabanındaki potansiyel nesnelerin detaylı bir haritasını çıkarmayı amaçladığı, deniz tabanındaki yapının ve topografyanın dikkate alınmasıyla, olası kurtarılabilecek nesnelerin konumları belirlendiği belirtilmiştir. Nesnenin su altındaki konumu doğrulandıktan sonra, kurtarma ve çıkarma işlemleri için uzaktan kumandalı su altı araçları (Remotely Operated Vehicles - ROV) ve/veya insanlı su altı araçları (Human Occupied Vehicles - HOV) kullanılır. Ancak, bu operasyonlarda karşılaşılan zorluklar göz ardı edilemeyeceği, derin deniz kurtarma sistemlerinin ROV ve HOV'ların kullanımına dayandığı pratik uygulamalarda, karmaşık su altı koşulları, ekipmanın teknik yeterlilikleri, bakım gereksinimleri ve yüksek maliyetler gibi çeşitli faktörler etkili olduğu, bu sebeple derin deniz kurtarma

operasyonlarının başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için sürekli olarak teknik ve operasyonel gelişmelerin takip edilmesi ve uygulanması gerektiği vurgulanmıştır [13].

#### **a. Su Altı Araçları ile Arama ve Kurtarma**

Araştırmacılar, uzaktan kumandalı su altı araçları (ROV) ve insanlı dalış araçları (HOV) gibi su altı araçlarının derin deniz arama ve kurtarma operasyonlarında nasıl kullanıldığını incelemiştir. Su altında bir nesnenin konumu tespit edildiğinde, uzaktan kumanda edilen su altı araçları (ROV) ve/veya insanlı su altı araçları (HOV) kullanılarak kurtarılabileceği ve alınabileceği belirtilmiştir. Aracın çevikliği, sensör yetenekleri ve ekipman taşıma kapasitesinin operasyonun başarısına nasıl katkıda bulunduğunu analiz etmiştir. İnsanlı Su Altı Aracı, HOV, ROV'a kıyasla daha karmaşık görevler için kullanılabilir ve daha fazla insan müdahalesine izin verdiği belirtilmiştir. Çalışmada, her iki yöntemin de avantajlarını ve dezavantajlarını irdelenmiştir. Su altı aracı kullanmadan kurtarma sistemi daha düşük maliyetli ve daha hızlıdır, ancak daha karmaşık nesnelere kurtarmak için uygun değildir. Ayrıca, gemi sonar sistemi, akustik ışınlar taşıyan su altı nesnelere sinyallerini aramak için kullanılabilirliği belirtilmiştir. Uçak kara kutusu, suya girdiğinde içindeki suya duyarlı anahtar, metal bir kapak kullanarak çevredeki deniz suyuna 37,5 kHz frekansında bir ses dalgası göndermek için işareti etkinleştirdiği, bu ses dalgasının kaynağı, yaklaşık olarak 160 dB seviyesinde ve teorik olarak maksimum etki mesafesi 4000-6000 metre aralığında değiştiği belirtilmiştir. Ayrıca, kara kutunun içerisindeki işaretin aktif kalma süresi 30 gün olarak belirtilmiştir. Uzmanlaşmış arama ve kurtarma gemileri genellikle 37.5 kHz akustik işaretlerin yerini tespit edebilen sonar sistemleriyle donatılmıştır. Arama gemisi 30 gün içinde sinyali tespit edemezse, pil şarjı kademeli olarak tükenir ve akustik sinyal zamanla zayıflayıp, tamamen çalışmayı durdurduğu belirtilmiştir. Okyanus araştırmalarında kullanılan sualtı araçları genellikle konumlandırma için USB kullanıldığı vurgulanmıştır. Sualtı aracına takılan akustik lokalizasyon işaretinin çalışma frekansı 10-16 kHz'dir ve çalışma mesafesi genellikle yaklaşık 8000 m olduğu, işaret, kendi kendine taşınan bir batarya veya sualtı aracı tarafından çalıştırılabilirliği, hasarlı bir su altı aracı aranırken, bir yüzey gemisinin USBL'si aracılığıyla bir sorgu ses dalgası sinyali iletildiği ve su altı işaretçisi alındıktan sonra bir su altı yanıt sinyali iletildiği belirtilmiştir [13].

## **b. Su Altı Araçları Olmadan Arama ve Kurtarma**

Çalışmada, su altı araçları kullanmadan derin deniz arama ve kurtarma operasyonlarının alternatif yöntemlerini araştırılmıştır. Bunlar, sonar teknolojisi, akustik sinyalizasyon, uzaktan kumandalı cihazlar ve özel kurtarma ekipmanlarını içermektedir. Bu yöntemlerin maliyet etkinliği, uygulanabilirliği ve sınırlamaları analiz edilmiştir. Araştırmacılar, derin deniz arama ve kurtarma operasyonlarında su altı araçlarının kullanımının genellikle daha etkili ve başarılı olduğunu, ancak maliyet ve operasyonel karmaşıklık açısından dezavantajları olabileceğini belirtmiştir. Ayrıca, su altı araçları olmadan kurtarma yöntemlerinin de bazı durumlarda uygun olabileceğini ve teknolojinin ilerlemesiyle daha da gelişeceğini ifade etmişlerdir. Çalışmada, okyanografi alanındaki TV-Kapma-kurtarma mekanizması tasarım fikri ve çalışma moduna dayanarak, su altı araçları kullanmadan çalışan yeni bir derin deniz kurtarma sistemi önermektedir ve bu sistemin kurtarma sürecini sunmaktadır. Ancak, belirtilen mevcut derin deniz kurtarma sistemlerinin pratik uygulamasında bir dizi zorluk olduğu belirtilmektedir. Bu zorluklara alternatif olarak, okyanografi alanındaki TV-Kapma-kurtarma mekanizması tasarım fikri (Şekil 2.1) ve çalışma moduna dayanarak, sualtı ekipmanlarına (ROV-HOV) dayanmayan yeni bir derin deniz kurtarma sistemini önermektedir [13].



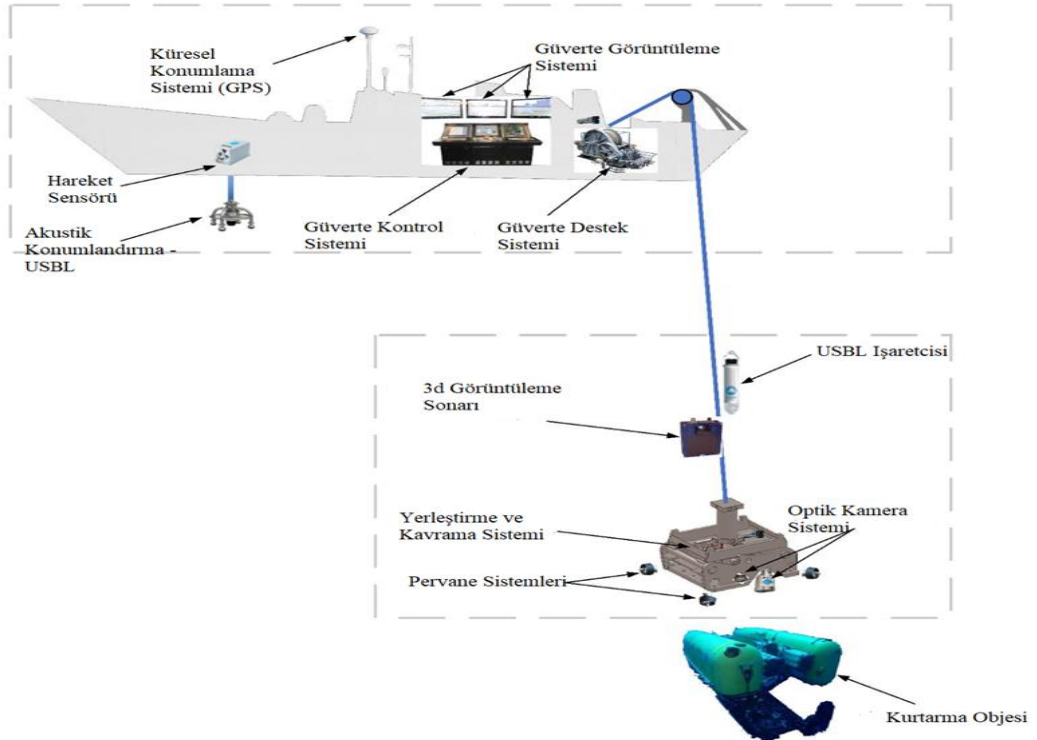
**Şekil 2.1:** TV-Kapma-Kurtarma Mekanizması

**Kaynak:** (Zhang vd., 2018)

Bu sistem, su altı optik görüntüleme, mekanik kapma/yakalama, akustik görüntüleme ve konumlandırma ile pervane işletme gibi unsurları birleştirerek düşük maliyetli ve hızlı derin deniz kurtarma sağlamayı amaçlamaktadır. Açıklanan yeni tip denizaltı kurtarma sistemi henüz test edilmemiştir. Bu nedenle, önerilen sistemin pratikte ne kadar etkili olduğunu değerlendirmek için daha fazla çalışma ve altta belirtilen testlerin gerekliliği belirtilmiştir;

- Su altı aracı sistemlerinin tasarımı ve kontrolü
- Su altı arama ve kurtarma operasyonlarının planlanması ve yürütülmesi
- Su altı arama ve kurtarma operasyonlarının güvenliği ve riskleri

Çalışma, deniz tabanında kaybolan nesnelerin aranması, kurtarılması ve çıkarılması için iki yöntemi kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Her iki yöntemin de avantajlarını ve dezavantajlarını tartışmakta ve su altı arama ve kurtarma operasyonlarının planlanması ve yürütülmesi için teknik rehberlik sunmaktadır. Araştırmada yeni derin deniz kurtarma sistemi ile ilgili; deniz dibi optik kamera, mekanik hizalama ve yakalama, akustik görüntüleme ve pervane tahriki. Şekil 2.2'de yeni derin deniz kurtarma sisteminin bir şeması gösterilmektedir. [13]



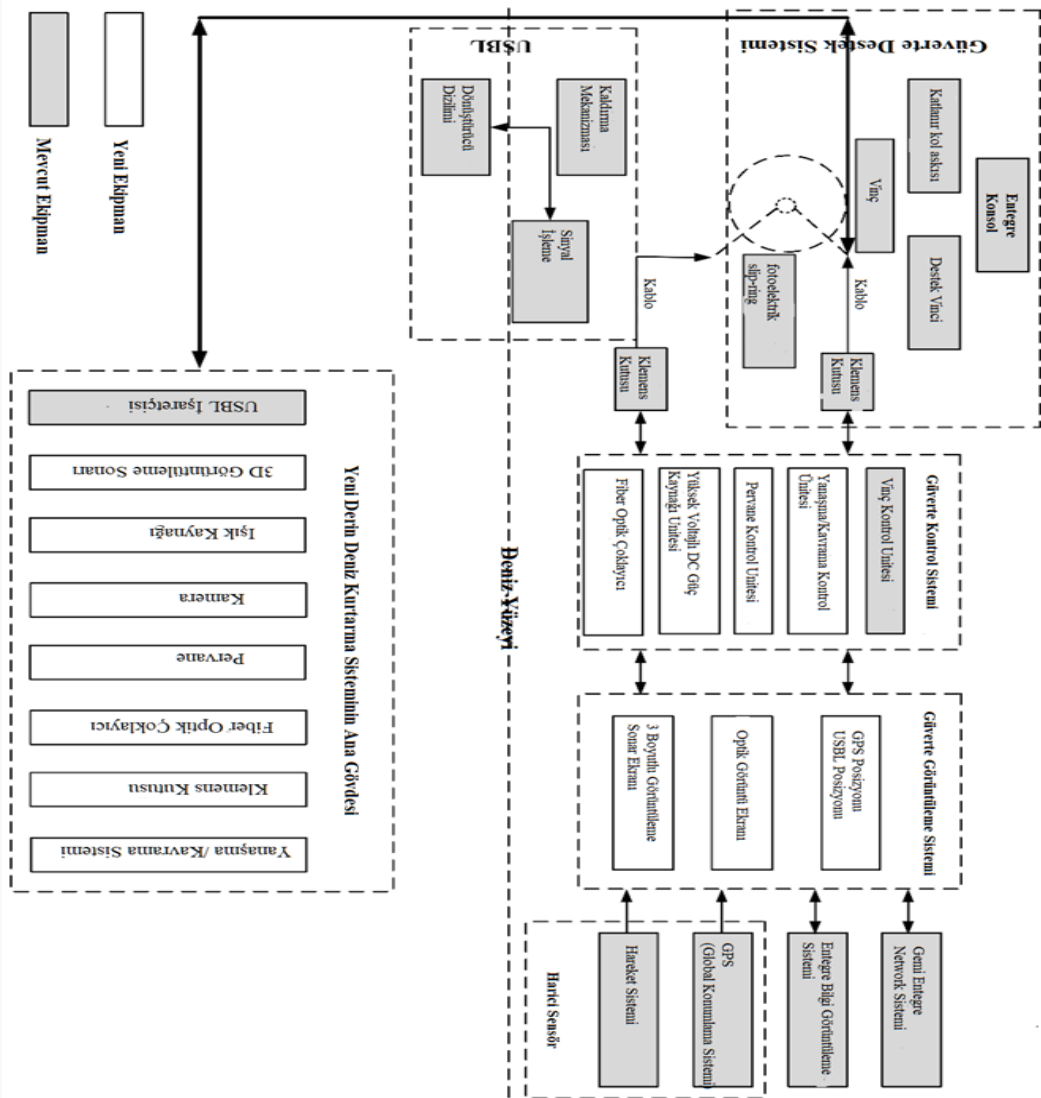
**Şekil 2.2:** Yeni Derin Deniz Kurtarma Sisteminin Şematik Diyagramı

**Kaynak:** (Zhang vd., 2018)

Şekil 2.3, çalışmanın yeni derin deniz kurtarma sisteminin donanım blok diyagramını gösterilmiştir. Sistem; güverte kontrol sistemi, güverte görüntüleme sistemi, güverte destek sistemi, bir USBL ve harici sensörlerden oluştuğu belirtilmiştir.

**Sualtı bölümü sistemleri şu alt sistemler olarak özetlenebilir:**

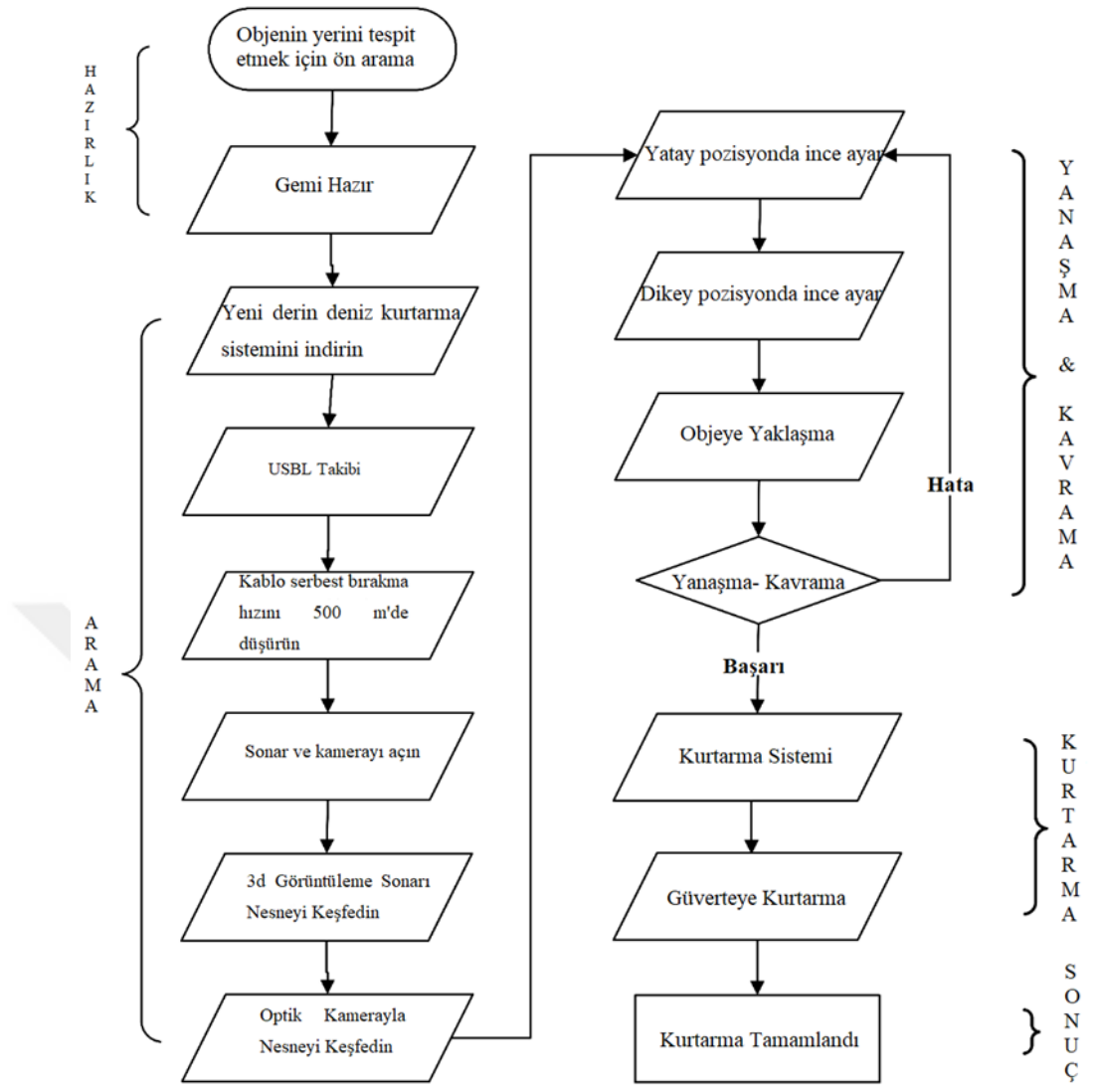
- Kavrama/tutma sistemleri,
- Pervane sistemleri,
- Optik kamera sistemleri,
- Üç boyutlu akustik görüntüleme sistemleri,
- Sualtı fiber optik çoklayıcılar,
- USBL (Ultra Short Baseline) işaretçileri olarak belirtilmiştir.



**Şekil 2.3:** Yeni Derin Deniz Kurtarma Sisteminin Donanım Blok Diyagramı

**Kaynak:** (Zhang vd., 2018)

Araştırmacılar, Şekil 2.4'de blok diyagramında güverte görüntüleme sistemi temel olarak su altı arama ve yanaşma için pozisyon, optik görüntü ve 3D gerçek zamanlı sonar görüntüsünü göstermişlerdir. Pozisyon göstergesi geminin GPS ve USBL'ye kablo ile bağlı belirtilmiştir. Optik görüntü ekranı, bir fiber optik çoklayıcı aracılığıyla su altı optik kamera sistemine, 3D gerçek zamanlı görüntüleme sonar ekranı, bir fiber optik çoklayıcı aracılığıyla su altı 3D gerçek zamanlı görüntüleme sonarına bağlanmıştır. Güverte destek sistemi, su altı parçalarının yerleştirilmesi ve kurtarılması için tasarlanmış ve "zırhlı fotoelektrik kompozit kablo, vinçler, fotoelektrik kayma halkaları, kılavuz makaralar ve katlanır kol askıları" gibi çeşitli bileşenleri içermektedir. Bu bileşenler, güverte kontrol sistemiyle ilişkilendirilmiş ve vinç kontrol nitesi tarafından kontrol edildiği belirtilmiştir. Su altı USBL işareti ile işbirliği yaparak, derin deniz kurtarma sistemi konumlandırılır ve bu konumlandırma sonuçları, güverte görüntüleme sistemi tarafından izlendiği ayrıca, "pervane sistemi" göreceli konumları hassas bir Şekilde ayarlamak için birden fazla pervane içerdiği belirtilmiştir. Sistem ayrıca, zırhlı fotoelektrik kompozit kablonun, su altı pervane kontrol nitesi tarafından kontrol edilerek, güverte kontrol sistemiyle bağlantılı olduğunu belirtmektedir. Yeniden tasarlanmış sualtı kurtarma sistemi, kurtarma nesnesinin deniz tabanındaki konumu belirlendiğinde hızlı bir Şekilde harekete geçebildiği vurgulanmıştır. Şekil 1.5'te, yeni sualtı kurtarma için akış Şeması gösterilmektedir. Bu akış Şeması, sistemin işleyişini ve bileşenler arasındaki ilişkiyi görsel olarak açıklamıştır [13].



**Şekil 2.4:** Yeni Sualtı Kurtarma Sistemi ile Kurtarma Sistemi Akış Şeması

**Kaynak:** (Zhang vd., 2018)

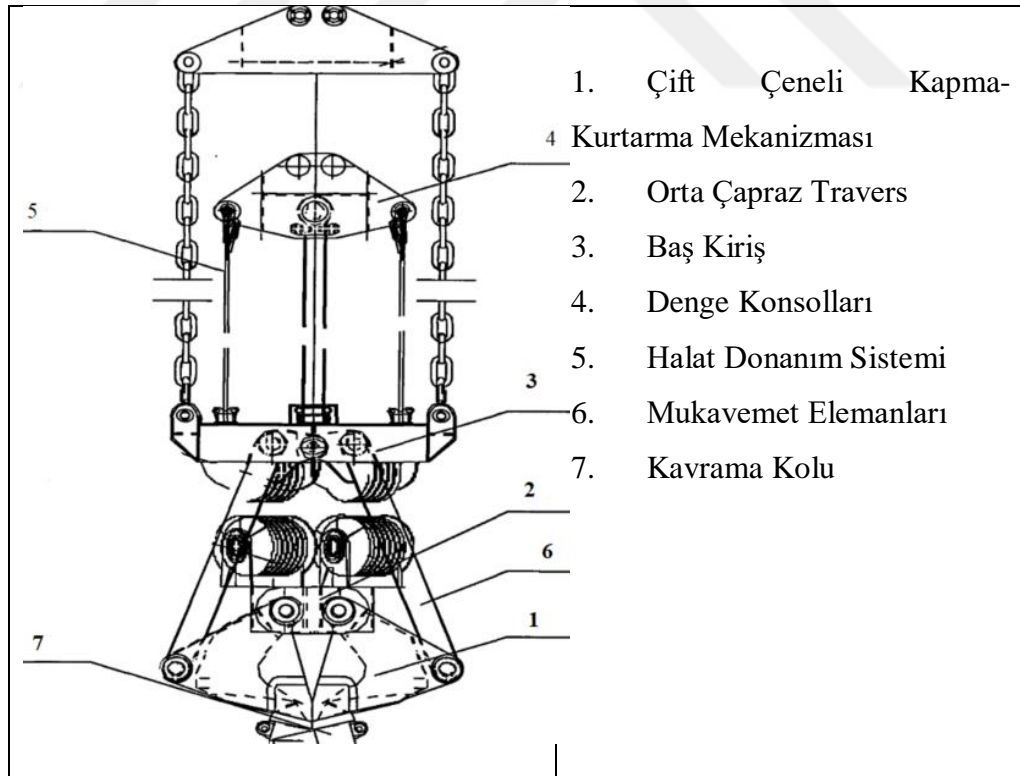
Yenilik olarak sundukları sualtı kurtarma sistemi ile gerçekleştirilen kurtarma operasyonu akış şemalarını şu şekilde açıklamışlardır:

1. Geminin kurtarılacak nesneye yakın seyretmesi sağlanması ve dinamik konumlandırma yapılması, yapılamıyorsa gemi düşük hızda hareket ettirilmesi ve kurtarılacak nesnenin konumuna odaklanması, kurtarma işlemi için geminin pruvasının üst kısmı seçilmesi,
2. Kurtarma sistemi mekanizmasının vinçle (40 m/dakika hızında) suya indirilmesi ve deniz tabanından yükseklik 500 metreden azsa, kablo bırakma hızı azaltılması,

3. Optik kamera sistemi ve 3D gerçek zamanlı görüntüleme sonarı açılması ve 3D görüntüleme sonarı deniz tabanında daha etkin kullanım için belirli bir yükseklikte yerleştirilmesi,
4. USBL' in kurtarma sisteminin konumunu izlemesi ve nesneye doğru yönlendirmesi,
5. 3D gerçek zamanlı görüntüleme sonarı nesneyi tespit eder etmez, kılavuzluk modu USBL' den 3D görüntüleme sonarına geçilmesi,
6. Optik kamera sistemi nesneyi tespit ettikten sonra, su altı pervane kontrol ünitesi, kurtarma sisteminin yatay konumunu ayarlaması. Yanaşma/kavrama sistemi kurtarma nesnesine yanaşabildiğinde, güverte kontrol sisteminin ünitesi yanaşma/kavrama sisteminin aktüatörünü tahrik ederek bağlanmanın tamamlanması,
7. Yanaşma ve kavrama işlemi, optik kamera sistemi tarafından doğrulanması. Başarısızlık durumunda, yanaşma veya kavrama başarılı olana kadar bu adımlar tekrarlanması,
8. Güverte kontrol sistemi, vinç kontrol ünitesi aracılığıyla kurtarma sistemini yavaşça kurtarılması, optik kamera sistemi gerçek zamanlı gözlem için kullanılması,
9. Kurtarma nesnesinin hacmi ve ağırlığına bağlı olarak, su boşaltıldığında iki opsiyon için; eğer kurtarma nesnesi küçük hacimli veya hafifse, doğrudan güverteye alınması, değilse nesne ağır veya büyükse, gemideki vinç kullanılarak güverteye alınması.

Çalışma, derin deniz kurtarma operasyonlarında su altı araçlarının üstün avantajlarını ve önemini vurgulamaktadır. Bu araçlar, özellikle hassasiyet, derinlik erişimi ve çok yönlü görev yetenekleri açısından kritik bir rol oynadığı, alternatif olarak, su altı araçlarının kullanılmaması durumunda maliyet açısından daha ekonomik olabilecek ancak genellikle etkinlik bakımından kısıtlı olan diğer arama ve kurtarma yöntemlerinin mevcut olduğu belirtilmektedir. Ancak, bu alternatif yöntemlerin derinlik ve erişim açısından sınırlamaları bulunmaktadır. Dolayısıyla, her bir operasyon için en uygun stratejinin belirlenmesi kritik öneme sahiptir. Özetle, su altı araçlarının kullanımının, operasyonun özelliklerini dikkate alarak daha etkili ve verimli bir yaklaşım sunabileceğini vurgulamaktadır. [13].

[14] Tong, M. H., Wang, Y. M., & Qiu, H. Q. tarafından yürütülen çalışma, derin deniz kurtarma operasyonlarında kullanılan süper ağır yük kapma-kurtarma mekanizmasının batık gemi güvertesine nüfuz etme yeteneğini incelemiştir. Bu mekanizmanın tasarımı ve performansı, mühendislik modelleme ve simülasyon teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma, mühendislik modelleme ve simülasyonun, mekanik mühendislik tasarımında yaygın olarak kullanılan kritik bir bilgi teknolojisi olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca, bu teknolojinin geniş bir endüstri yelpazesine etki ettiği ve sektörler arası önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir. Deniz mühendisliğinin, birçok ağır yük ekipmanına ihtiyaç duyan önemli bir endüstri dalı olduğu ve kurtarma mekanizmasının da derin denizde batmış gemilerin kurtarılmasında kullanılan temel ekipmanlardan biri olduğu vurgulanmıştır. Sualtı kurtarma kavramasının temel teknolojisinin, yeterli kavrama kuvveti sağlayarak ve dışların batmış geminin güvertesine derinlemesine nüfuz ederek, gemiyi derin sulardan kaldırma kabiliyetini taşıdığı ifade edilmiştir. Bu teknolojinin, batık nesnenin güvenli ve etkin bir şekilde kurtarılmasını sağlamak için özel olarak tasarlandığı ve geliştirildiği belirtilmiştir.



Şekil 2.5: Kapma-Kurtarma Mekanizmasının Tasarımının Taslağı

Kaynak: (Tong vd., 2013)

Çift Çeneli Kapma-Kurtarma Mekanizması; Yüksek dayanıklılıkta tasarlanmalı ve kullanılması gerektiği,

Orta Çapraz Travers; Ön kirişlerin bağlantısını sağlayan ve orta kirişi taşıyan bir aksam oluşu,

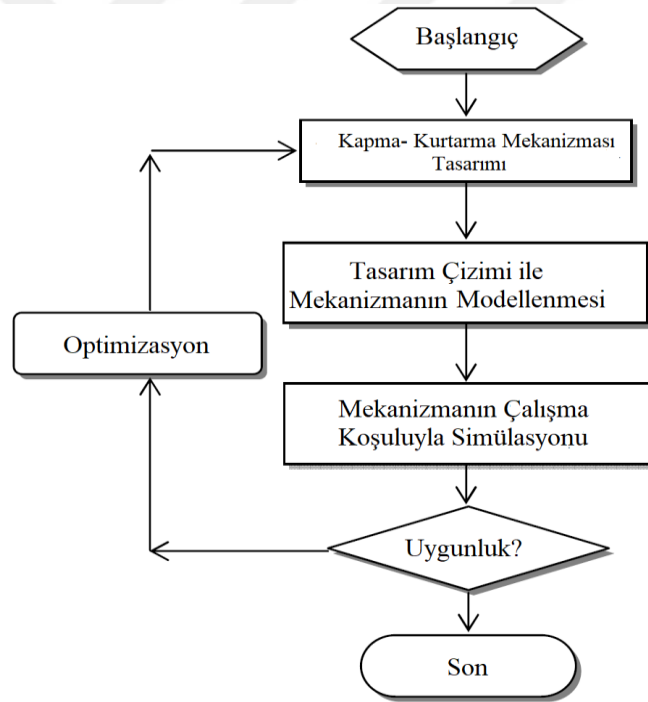
Baş Kirişi; Mekanizmanın çenelerin tutulmasını sağlayan bir aksam oluşunun belirtilmesi,

Denge Konsolları; Halat sistemlerini bağlayan dengeleyici elemanları,

Halat Donanım Sistemi; Kavrama gücü üreten yapısı,

Uzun Mukavemet Elemanları; Kiriş ve çeneleri güçlendiren yapı elemanları,

Tutamak; Güverteye tutunan ve parçalara ayrılan, güçlü ve sağlam elemanları, olarak özetlenmiştir.



**Şekil 2.6:** Batık Kurtarma Mühendislik Simülasyonunun Akış Diyagramı

**Kaynak:** (Tong vd., 2013)

Şekil 2.6’da diyagramı gösterildiği gibi kapma- kurtarma mekanizması tasarlaması, mekanizmanın çizimle modellenmesi, çalışma yüklerini simüle edilmesi, gereksinimleri karşılamıyorsa, mekanizmayı optimize etmek ve yeniden tasarlamak ve prosedürü tekrarlanması belirtilmiştir [14]. Çalışma, mühendislik modelleme ve simülasyon teknolojisinin kapma-kurtarma mekanizmalarıyla ilgili önemli verilerin

elde edilmesi ve endüstriyel tasarım referansları için etkili bir yöntem olarak kullanımını vurgulamaktadır. Çalışmanın esas odak noktası, kavrama-kurtarma süreçlerindeki performansı optimize etme ve tasarım sürecindeki iyileştirmeleri belirleme çabasıdır. Güverte malzemesi, gemi hasar seviyesi, kapma-kurtarmanın dış geometrisi, malzeme seçimi ve operasyonel parametreler gibi faktörlerin, mekanizmanın tırnak nüfuz etme yeteneğini önemli ölçüde etkilediği belirtilmektedir. Özellikle, çelik güverte malzemelerinin, ahşap güverte malzemelerinden daha yüksek bir nüfuz etme direnci sunduğu ve hasarlı gemilerin, sağlam gemilere kıyasla daha fazla nüfuz etme direncine sahip olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca, daha keskin tırnakların daha fazla nüfuz etme kuvveti sağladığı, daha sert malzemelerin daha yüksek nüfuz etme direnci sunduğu ve daha yüksek kaldırma kuvveti ile daha düşük çekme hızının daha fazla nüfuz etmeyi sağladığı belirtilmektedir. Bu bulgular, kapma-kurtarma mekanizmalarının tasarımında ve operasyonunda dikkate alınması gereken önemli faktörleri vurgulamaktadır. Özet olarak, mühendislik modelleme ve simülasyon teknolojisinin, verimliliği artırmak ve güvenilir tasarım çözümleri geliştirmek için kritik bir rol oynadığı vurgulanmaktadır.



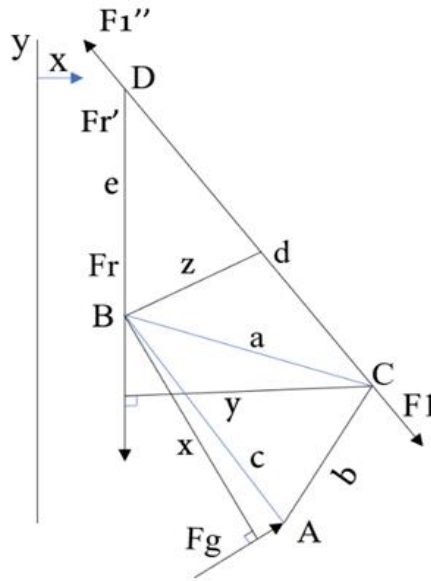
**Şekil 2.7:** Kapma-Kurtarma Mekanizmasının Batık Gemiye Kurtarma Fotoğrafi

**Kaynak:** (Tong vd., 2013)

Çalışmada belirtilen öneriler:

- Farklı güverte malzemeleri ve hasar seviyeleri için daha fazla modelleme ve simülasyon çalışması yapılması,
- Optimizasyon önerilerinin gerçek dünya koşullarında test edilmesi,
- Diğer kurtarma ekipmanları için benzer araştırmaların yapılması,

Çalışmada mekanizma tekniği kullanılarak optimizasyon yapılması üzerine de çalışılmıştır;



**Şekil 2.8:** Kapma-Kurtarma Mekanizmasının Mekanik

**Kaynak:** (Tong vd., 2013)

Mekanik analize göre formül aşağıdaki gibi indirgenebileceği;

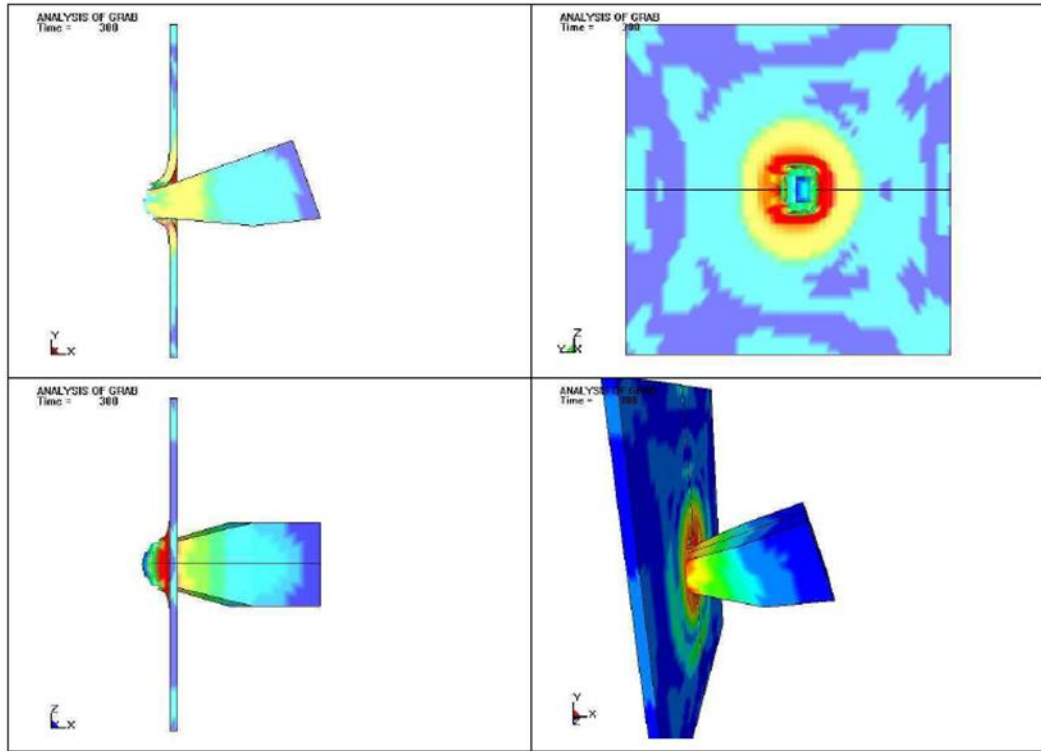
$$Fg \cdot x + F1 \cdot z = 0. \quad (1.1)$$

Denklemler, B noktasındaki moment denge prensibi merkezi aracılığıyla indirgeneceği;

$$Fr \cdot y + Fg \cdot x = 0. \quad (1.2)$$

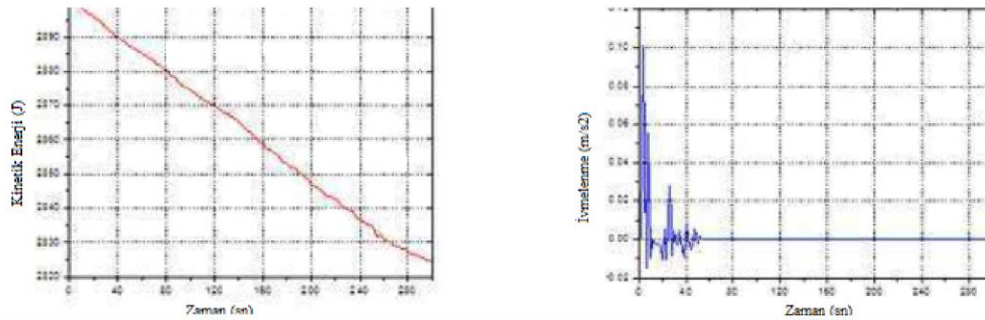
C noktasında da aynı prensip uygulanabileceği, tasarlanan mekanizmanın, doğru donam sayısı ile 500 ton kaldırma kapasitesine sahip olabileceği, 10 metre yükseklikte ve 3000 tondan fazla kuvvet üretebilir olduğu belirtilmiştir.

Çalışma, öncelikle Kapma-Kurtarma Mekanizmasının çalışma prensiplerini ve karşılaştıkları zorlukları açıklanmıştır. Ardından, farklı güverte malzemeleri (çelik, ahşap vb.) ve gemi hasar seviyeleri için mekanizmanın nüfuz etme yeteneğini etkileyen faktörleri incelenmiştir. Son olarak, nüfuz etmeyi iyileştirmek için dış geometrisi, malzeme seçimi ve operasyonel parametreler gibi tasarım optimizasyonları önerilir. LS-DYNA yazılımı tarafından sağlanan J-C Kayıp kırılma kriterini kullanarak, mekanizmanın dışının batık gemi güvertesine girme sürecini simüle edilmiştir (Şekil 1.10) [14].



**Şekil 2.9:** Kapma-Kurtarma Mekanizmasının Tırnaklarının Gemi Güvertesine Penetrasyon Simülasyonu

**Kaynak:** (Tong vd., 2013)

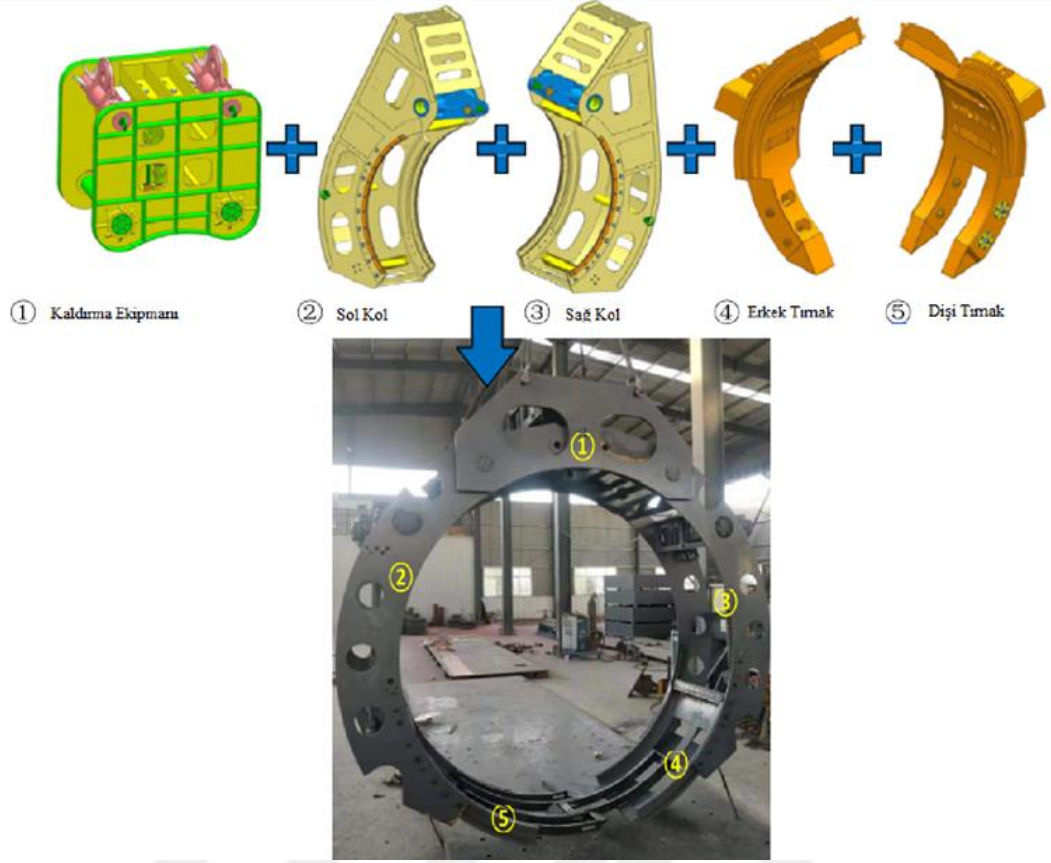


**Şekil 2.10:** Penetrasyonun Kinetik Enerji ve Tırnakların İvmelenme Eğrisi

**Kaynak:** (Tong vd., 2013)

Eğriler, mekanizmanın tırnaklarının kinetik enerjisinin kolların açıldığında zamanla azaldığını yansıtmaktadır. Tırnaklar, gemi güvertesine penetrasyon esnasında mekanizmanın dışının yüksek ivmeyle ilerlediği gözlemlenir. Ancak, tırnaklar güverteyi geçtikten sonra ivme değeri hızla azalır ve neredeyse sıfıra yaklaşır. Yukarıdaki simülasyon sonuçları, gerçek kavrama presesyonu ile tutarlıdır. Bu araştırmanın sonuçları, derin deniz kurtarma operasyonlarının güvenliğini ve verimliliğini artırmaya yardımcı olabilir. Ayrıca, daha etkili kurtarma ekipmanlarının tasarımı için temel bilgiler vermektedir. Sonuç olarak özetlenirse, çalışma derin deniz kurtarma operasyonlarında “Kapma-Kurtarma Mekanizmasının” tasarımı ve performansının optimizasyonu için önemli bilgiler sunmuştur. Daha güvenli ve verimli kurtarma operasyonları için temel oluşturup, bu tür bir mekanizmanın batık gemi güvertesine nüfuz etme yeteneğini araştırarak kurtarma sürecinin optimizasyonuna katkıda bulunmayı amaçlamaktadır [14].

[15] Nan, Y., Long, F., Yun, F., Yao, S., Wang ve arkadaşlarının çalışmasında, derin denizlerdeki batık araçların, örneğin uçaklar veya uyduların hızlı kurtarımını sağlamak amacıyla genel amaçlı destek gemileri üzerine bir kol-tutma tipi manipülatörün kavram prototipi önerilmektedir. Bu manipülatör, nesne kavrama, kapma ve kilitleme, konum ve duruş ayarı, konumlandırma ve navigasyon gibi temel işlevleri başarıyla yerine getirecek şekilde tasarlanmıştır. Prototip, göl ortamında boş ve silindirik bir nesne üzerinde başarıyla test edilmiştir. Kol-tutma tipi manipülatör, sualtı ortamında silindirik nesnelerin hızlı kurtarımını için uygun bir çözüm sunmuş ve kurtarılabilecek nesnenin kavrama hasarını ve kuvvetini en aza indirmeyi amaçlamıştır. Simetrik bir düzenlemeyle dört pervane, sualtı ortamlarında konum ve duruş ayarı için yapabilmek amacıyla kullanılmıştır. Kameralar, sualtı kurtarma nesnesinin profil görüntülerini yakalayabilir ve duruş ayarı için kullanılabilirliği belirtilmiş; ancak, karanlık ve derin su ortamlarında sualtı kameralarının yerine ses dalgaları (sonar) kullanılması önerilmektedir.



**Şekil 2.11:** Kapma- Kurtarma Mekanizması Montaj Parçaları

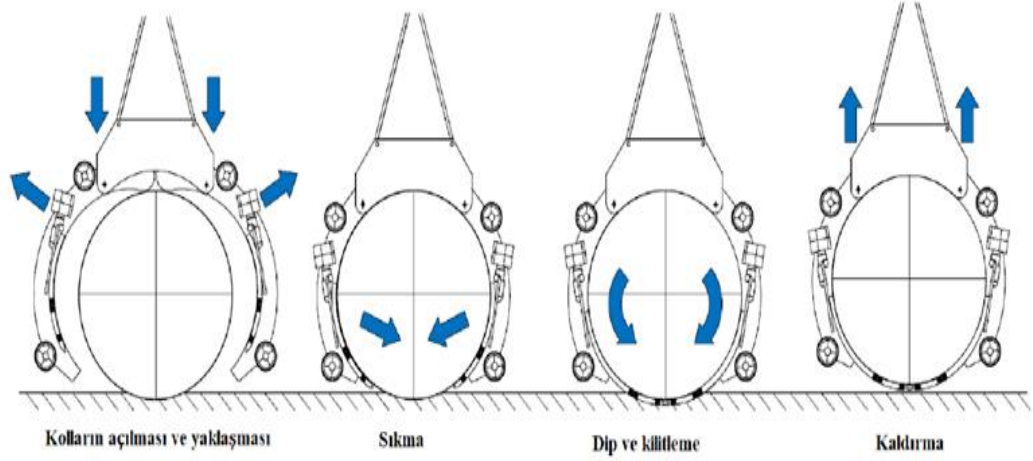
**Kaynak:** (Nan vd., 2022)

Tasarımda ana gövdeye iki kol montaj edilmiştir; iki menteşe ile ve hidrolik silindirlere kullanılarak açılıp kapanabilmektedir. Kurtarılabilecek nesnenin silindirik olduğu, çapı 2 m, uzunluğu 10 m ve ağırlığı 80 tondan fazla olmayan bir nesne olduğu varsayılmıştır. Sualtı çalışma derinliği 1000 m'dir. Güç kaynağı voltajı 3000 V' dir ve güç 70 kW'tır [15]. Genel olarak özelliklerinin Çizelgesi aşağıdaki gibidir;

**Çizelge 2.1:** Kapma- Kurtarma Mekanizması Teknik Özellikleri

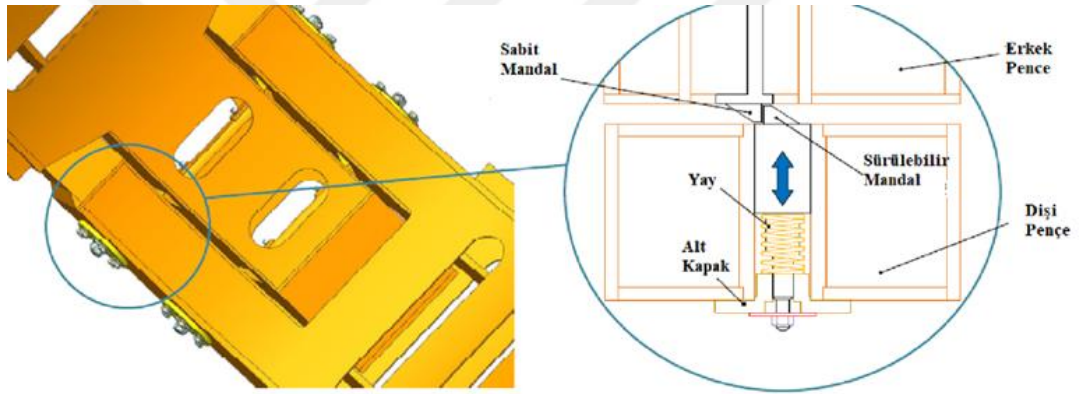
<u>Parametre</u>	<u>Birim</u>	<u>Değer</u>
<u>Ağırlık</u>	ton	1.5
<u>Boyut</u>	m	2.6 (L) × 0.73 (W) × 0.79 (H)
<u>Sıkıştırma Çapı</u>	m	2
<u>Çalışma Suyu Derinliği</u>	m	1000
<u>Anma Yüğü</u>	ton	80

**Kaynak:** (Nan vd., 2022)



**Şekil 2.12:** Kapma- Kurtarma Mekanizması Montaj Parçaları Çalışma Prensibi ve Süreci

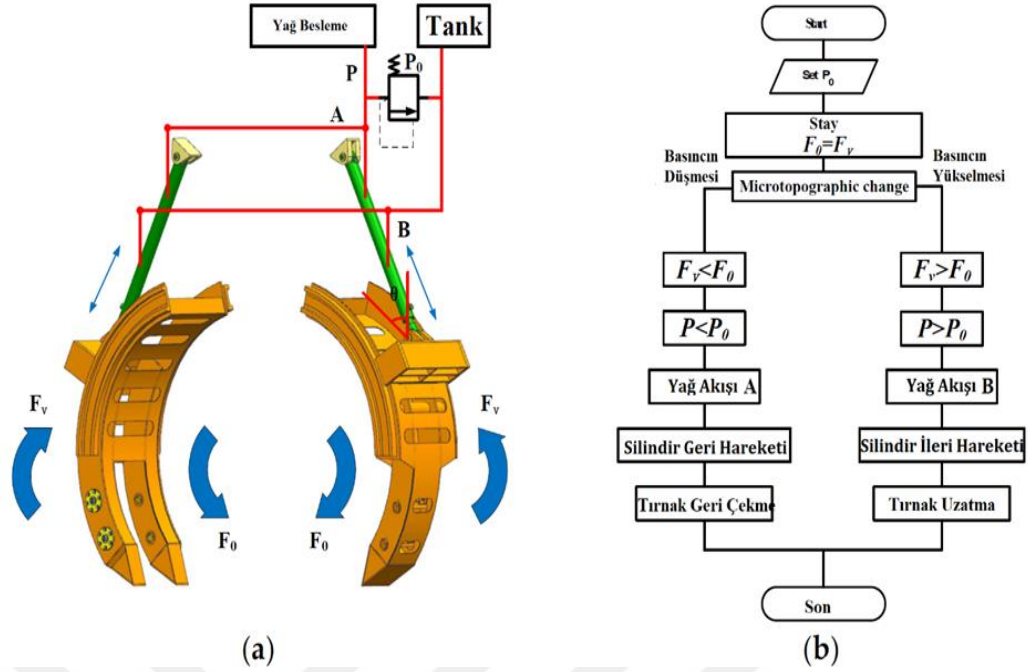
**Kaynak:** (Nan vd., 2022)



**Şekil 2.13:** Kapma- Kurtarma Mekanizması Kolların Kilitleme Prensibi

**Kaynak:** (Nan vd., 2022)

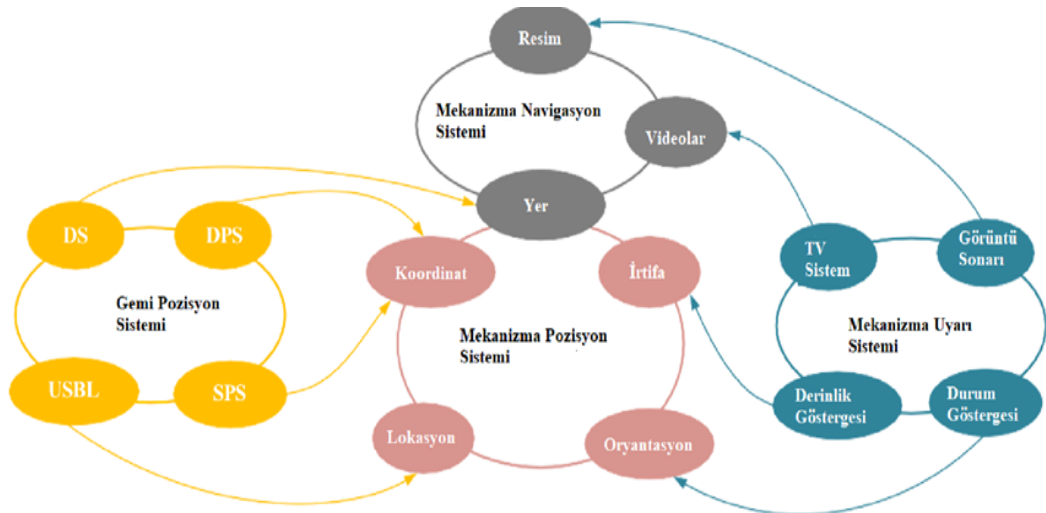
Sürülebilir mandalı ve sabit mandal Şekil 2.13' de gösterildiği gibi tasarlanmıştır. Sürülebilir mandal, sabit mandala temas ettiğinde, sabit mandalın eğimi boyunca aşağıya doğru bastırılabilir. Erkek ve dişi tırnaklar belirli pozisyonlara hareket ettiğinde, geri çekilen mandal tekrar dışarı çıkar ve tırnaklar açılır ve kilitleme işlemi gerçekleşir [15].



**Şekil 2.14:** Kolların Senkron Hareketi: (a) Hidrolik Sistem ve (b) Kontrol Akış Şeması

**Kaynak:** (Nan vd., 2022)

Mekanizmanın hareketli kollarındaki hidrolik silindirler, solenoid valfler tarafından kontrol edilir ve çalışma sırasında hız ayarlanabildiği belirtilmiştir (Şekil 2.14).

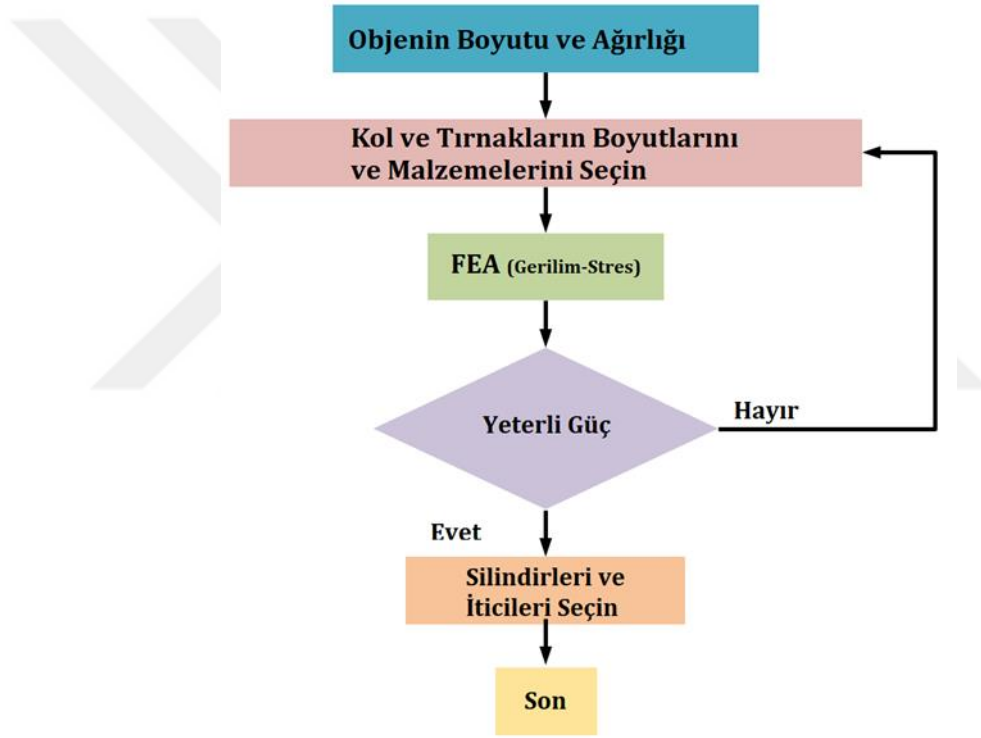


**Şekil 2.15:** Uyarı sistemi, Konumlandırma ve Navigasyon Sistemi

**Kaynak:** (Nan vd., 2022)

Uyarı sistemi, Şekil 2.15'in sağında gösterildiği gibi TV sistemi, görüntü sonarı, durum göstergesini ve derinlik göstergesini içermektedir. TV sistemi,

operatöre gerçek zamanlı videolar ve görüntüler sağlamaktadır ve görüntü sonarı, fırlatma ve su altı operasyonunda mekanizmanın güvenliğini sağlamak için TV sisteminin görüş alanının ötesindeki araziye tespit etmek için kullanılmaktadır. Durum göstergesi ve derinlik göstergesi, manipülatörün hareket yönünü ve duruş ayarını kontrol etmek için konumlandırma ve navigasyon sistemine yükseklik ve derinlik bilgisi sağlar. Bu sistemler arasında dinamik konumlandırma sistemi (DPS), algılama sistemi (DS), gemi konumlandırma sistemi (SPS) ve sualtı akustik konumlandırma yöntemi (USBL) bulunmaktadır. DPS ve SPS, seçilen koordinatlarda geminin konumunu algılar ve USBL, manipülatörün gemiye göre konumunu tespit edebildiği belirtilmiştir [15].

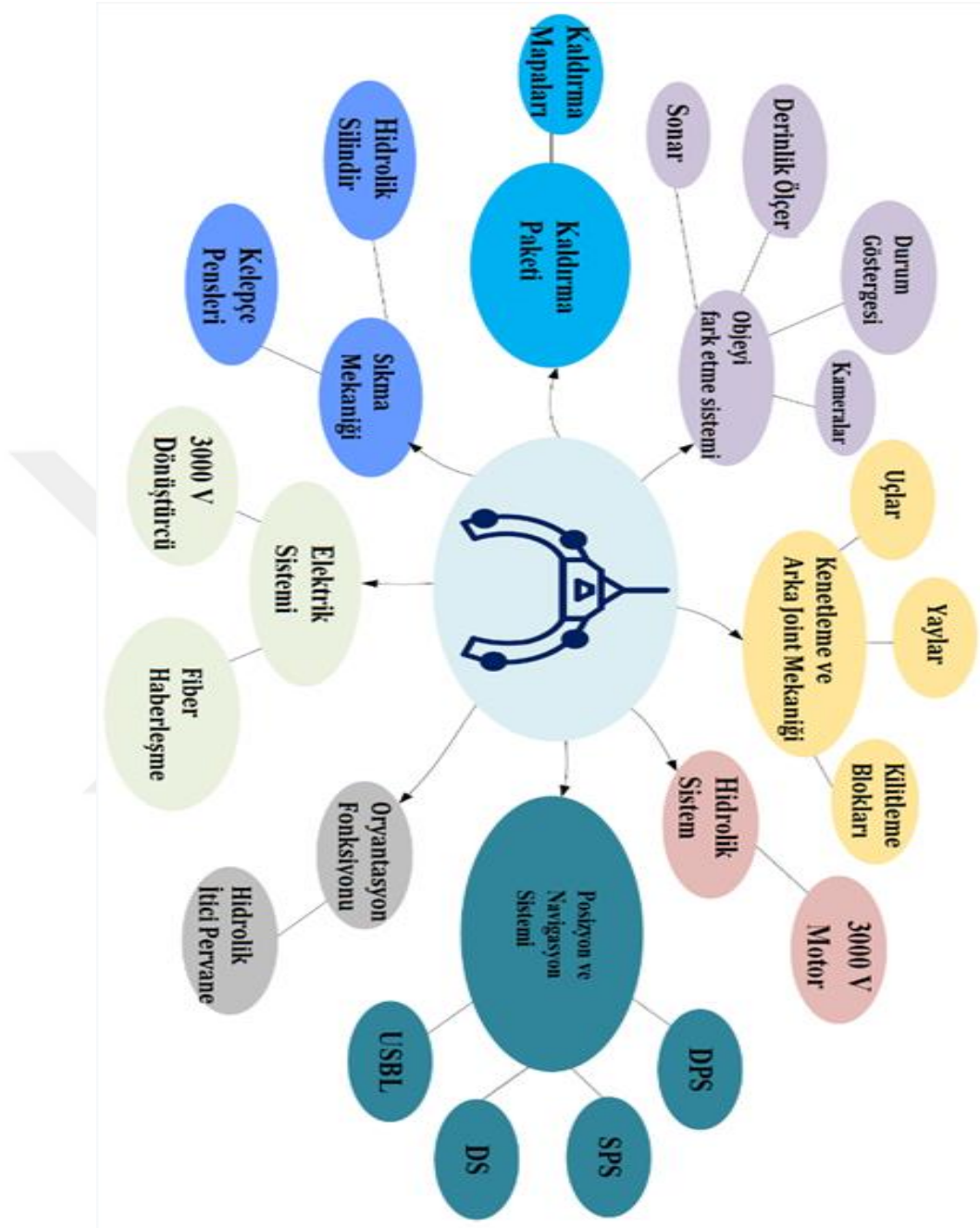


**Şekil 2.16:** Kapma – Kurtarma Mekanizmasının Tasarım Akış Şeması

**Kaynak:** (Nan vd., 2022)

Tasarım süreci Şekil 1.17'de gösterildiği gibi nesnenin verilen boyutuna ve ağırlığına göre, kol ve tırnakların boyutlarını ve malzemesini seçilmiş ve FEA için 3D modeli oluşturulmuştur. Mukavemet yetersiz olduğunda, kolun ve tırnakların boyutları veya malzemesi değiştirilir ve mukavemet analizi (FEA) kullanılarak yeterli mukavemet sağlanıncaya kadar yeniden değerlendirme süreci başlat üzerine akış şeması kurulmuştur. Kol ve tırnakların boyutları ve malzemeleri belirlendikten

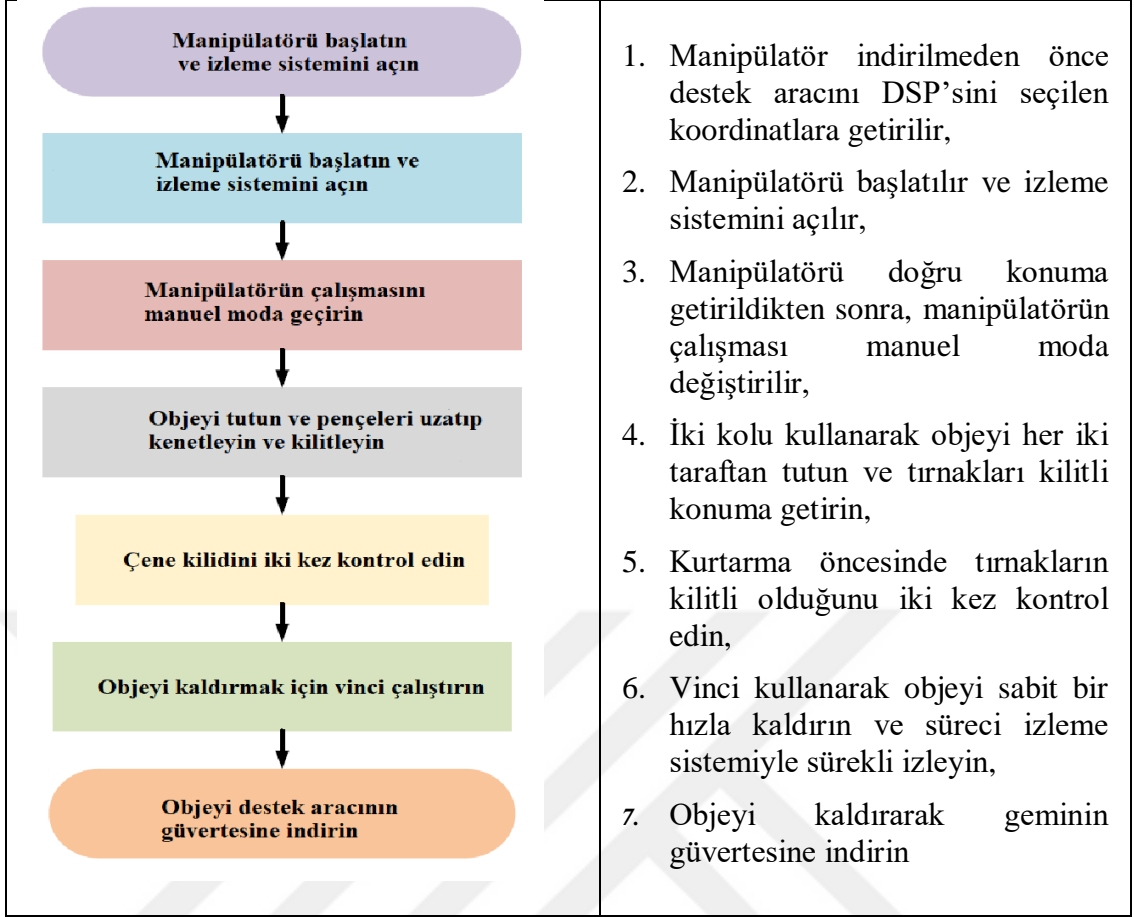
sonra, silindirler ve iticiler seçilmiştir. Çalışmada gerçekleşen mekanizmanın sistem birleşimi Şekil 2.17’de gösterildiği gibidir [15].



**Şekil 2.17:** Kapma – Kurtarma Mekanizmasının Sistem Birleşenleri

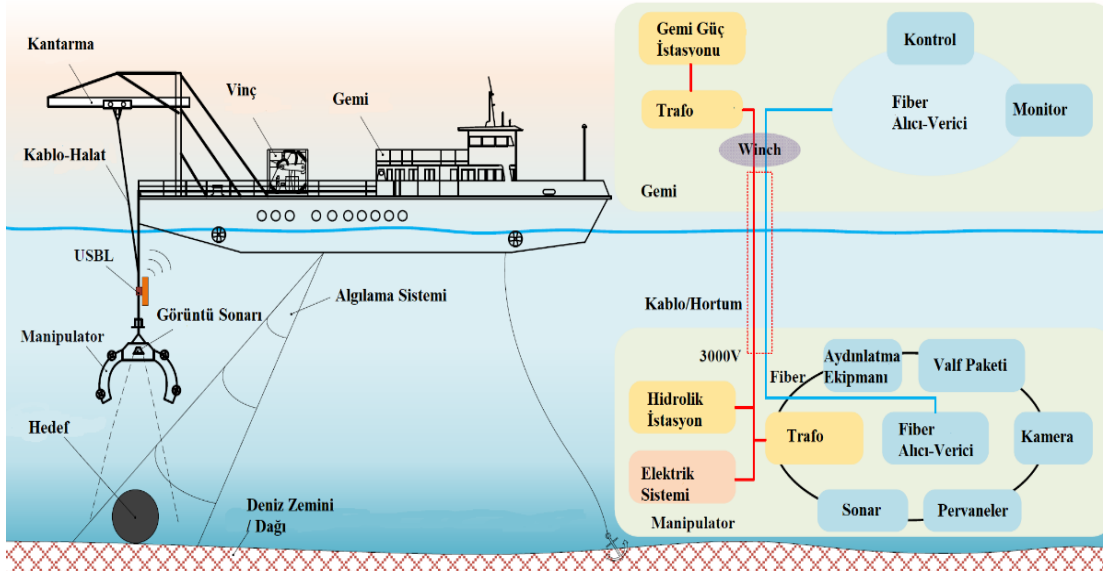
**Kaynak:** (Nan vd., 2022)

Kapma – Kurtarma Mekanizmasının çalışma süreci Şekil 2.17'de gösterildiği gibi belirtilmiştir;



**Şekil 2.18:** Kurtarma Mekanizmasının Operasyonel Akış Şeması

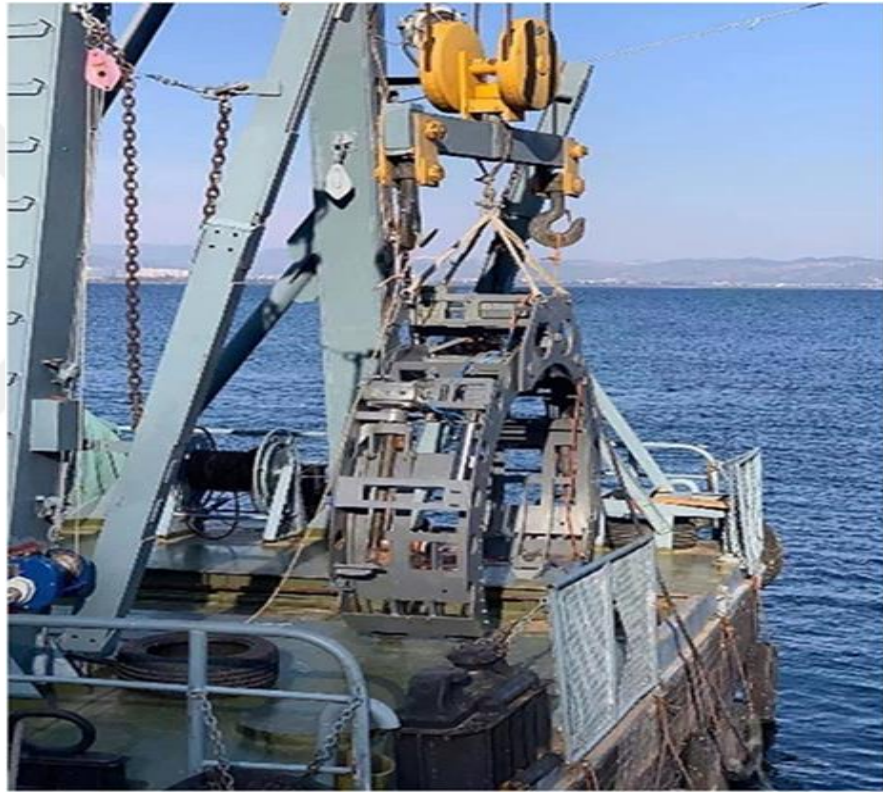
**Kaynak:** (Nan vd., 2022)



**Şekil 2.19:** Kapma- Kurtarma Sistemi (Solda); Kontrol Sistemi (Sağda)

**Kaynak:** (Nan vd., 2022)

Şekil 2.19'da gösterildiği gibi, kapma- kurtarma sistemi mekanizması, halat sistemi ve destek aracından oluşmuştur. Mekanizmanın ve deniz yüzeyindeki deniz aracına halat kablosu ile bağlanmıştır. İzleme sistemi, su altı görüntülerini yakalamak ve bunları destek aracına aktarmak amacıyla mekanizmaya monte edilmiştir. Bu sayede operatör, konum ayarı için zamanında kararlar verebilmesi sağlanmıştır. Destek aracının altındaki halat kablosuna, manipülâtörün gerçek zamanlı konumunu için USBL sistemi kurulmuştur. Destek gemisindeki ölçme sistemi, deniz tabanının topografik verilerini elde etmek için kullanılmaktadır. Gemi, manipülâtör ile gerçek zamanlı izleme ve kontrol için halat sistemindeki fiber optik kablo ile sağlanmıştır [15].

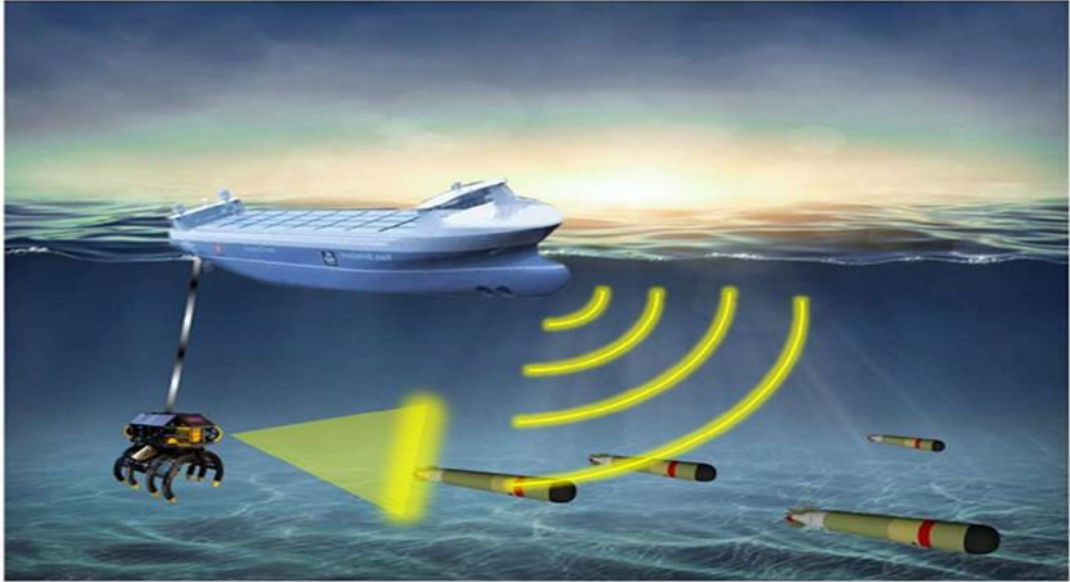


**Şekil 2.20:** Kapma- Kurtarma Mekanizmasının Suya İndirilişi

150 metre derinlikteki bir gölde gerçekleştirilen testlerde, mekanizma su altı ortamında silindirik nesnelere hızlı bir şekilde kurtarılması için uygun bir araç olup, kurtarılacak nesne üzerinde oluşabilecek kavrama hasarını en aza indirmeyi hedeflemiştir. Simetrik bir düzenlemeyle donatılmış dört pervane tahrikçisi, su altı ortamlarında konum ve durum ayarlaması için kullanılabilir ve nesnenin uygun yönlendirilmesine yardımcı olmuştur. Kameraların su altı kurtarma nesnesinin profil görüntülerini yakalayıp durum ayarı için kullanılabilirliği test edilmiştir, ancak karanlık ve derin su ortamlarında sualtı kameralarının yerine ses dalgaları (sonar)

kullanılması önerilmiştir. Bu yöntemle, nesnenin konumlandırılması ve navigasyonun daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebileceği belirtilmiştir. Sonuç olarak, çalışma, su altı ortamlarında hızlı ve etkili kurtarma operasyonları için tasarlanmış olan manipülâtörün kavram prototipini tanıtmakta ve yapılan deneylerde başarılı sonuçlar elde edildiğini belirtmektedir [15].

[16] Guo, Zhang ve arkadaşları bu çalışmada, denizaltı enkaz kurtarma robotlarının derin deniz koşullarında sistem hatalarından kaynaklanan kontrol başarısızlığı sorununu çözmeyi amaçlayan yeni bir hata toleranslı kontrol yöntemi olan "PEFC" yöntemini önermektedir. Bu yöntem, su altı kurtarma robotunun uyarlanabilir sinir ağı projeksiyon analitik hata toleransı kontrolü ile su altı kurtarma robotlarının arızalara karşı direncini artırmak için yeni bir kontrol yöntemi sunmaktadır.

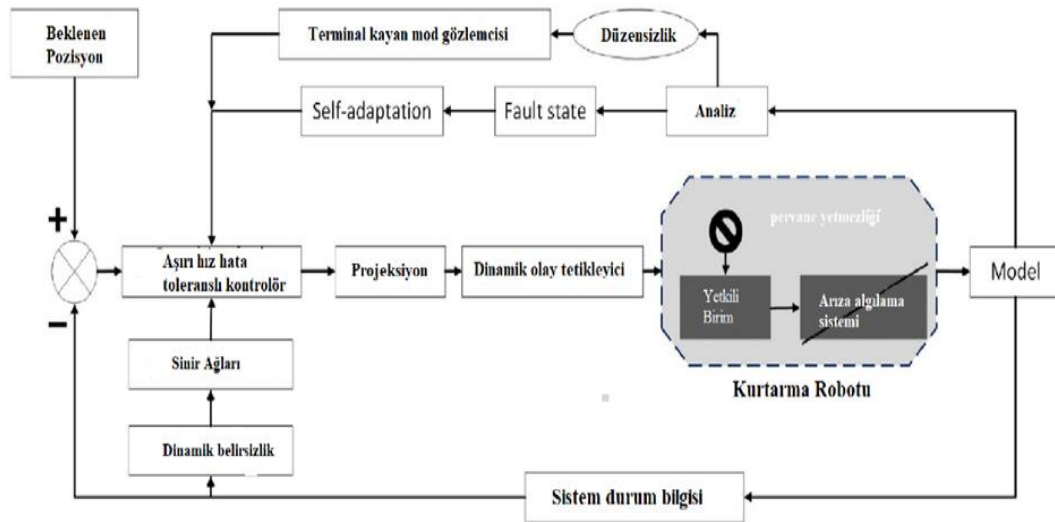


**Şekil 2.21:** Pençeli Bir Su Altı Kurtarma Robotunun Şematik Diyagramı

**Kaynak:** (Guo vd., 2022)

Sualtı kurtarma robotu, çoğunlukla yüzen bir sistem arızası durumunda torpido bombası eğitimi, gemi enkazı ve sütun yapıları gibi su altı silindirik kurtarma nesnelerini yakalayan pençe tipi bir sualtı kurtarma robotudur, Şekil 2.21'de gösterildiği gibi zorlu deniz koşullarında çalışan derin deniz kurtarma robotları için, hata toleranslı kontrol (PEFC- Proportional-Exponential Fuzzy Controller) yöntemi önermektedir. Sistem hatası nedeniyle oluşan kontrol arızasını ele almak için, ekipman arızası, kesinti, takılma ve zayıf temas durumlarını tanımlayan evrensel bir itici hata modeli oluşturulmuştur. Bu kontrol yöntemi, zorlu deniz koşullarında bile

istikrarlı ve güvenilir bir performans sağlamayı amaçlamaktadır. PEFC, olay tetiklemeli bir kontrol yaklaşımını benimser ve hata toleranslıdır, yani sistemde oluşabilecek hataları tolere edebilir ve düzeltebilir. Bu analiz, sistemin matematiksel modelini kullanarak hata ve hız gibi parametreleri değerlendirir ve sistemdeki değişimleri izler. Derin deniz kurtarma robotlarında PEFC kullanılması, geminin dalgalı denizlerde bile istikrarlı bir şekilde hareket etmesini sağlar. Bu kontrol yöntemi, robotun doğru konumda kalmasını, hızlı ve hassas tepki vermesini ve beklenmedik durumlarda bile güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar. Sistem giriş sinyali, analitik algoritma aracılığıyla hata faktörünü çevrimiçi olarak izole etmek ve öğrenmek için sanal bir giriş olarak büyütülür ve yansıtılır. Göreceli konumu ayarlamak için itici açılır ve kurtarma nesnesini yakalamak için robotun alt pençesini kullanır, daha sonra Şekil 1.23'te gösterildiği gibi ana gemi tarafından kurtarılır [16] .



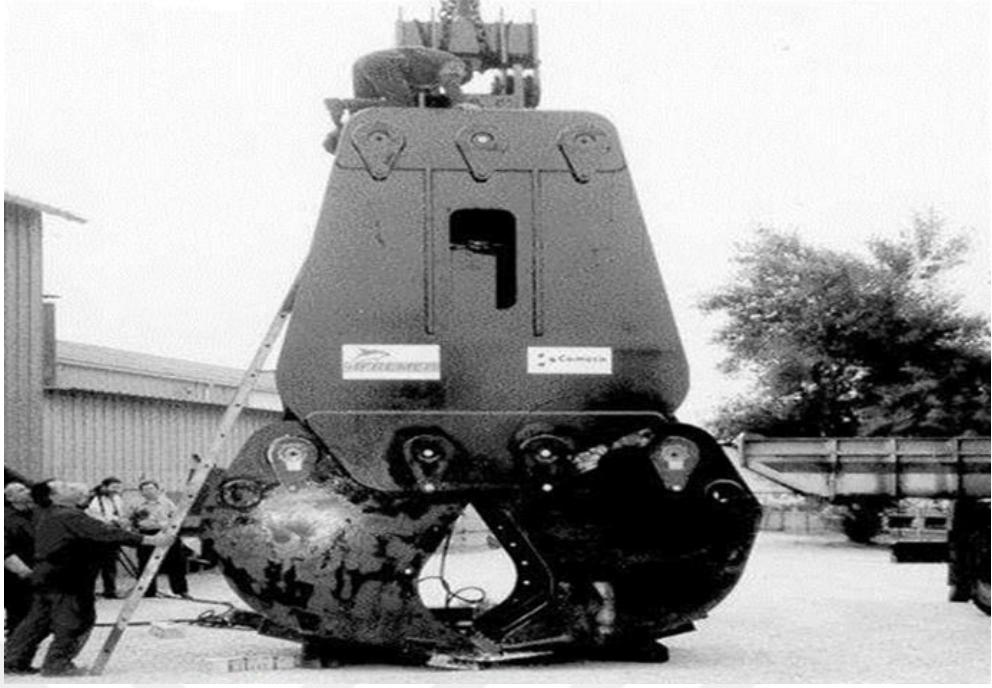
**Şekil 2.22:** Hataya Önleyici Bir Kontrol Şematik Diyagramı

**Kaynak:** (Guo vd., 2022)

Çalışmadaki sualtı kurtarma robotunun kontrol sistemi, Şekil 2.22'da gösterildiği gibi arıza tespit sisteminin ve iticinin izleme ve algılama sisteminin yardımıyla kurtularak, arıza iticisinin çıkışını azaltmak için hala doğru arıza telafisi ve makul güç dağılımı sağlayabildiği belirtilmiştir. Şekil 2.22'de sistem itici arızasından sonra yüksek çıkış sorununu çözmek için dinamik olay tetikleme mekanizması tanıtılmıştır. Zorlu deniz koşullarında çalışan derin deniz kurtarma robotlarında, sistem arızası kontrol kaybına yol açabilir. Bu yöntem, rahatsızlıkları telafi eder ve belirsizliği tahmin eder. Olay tetiklemeli mekanizma, enerji tüketimi ve iletişim bant genişliği gereksinimlerini azaltır. Simülasyonlar, önerilen yöntemin

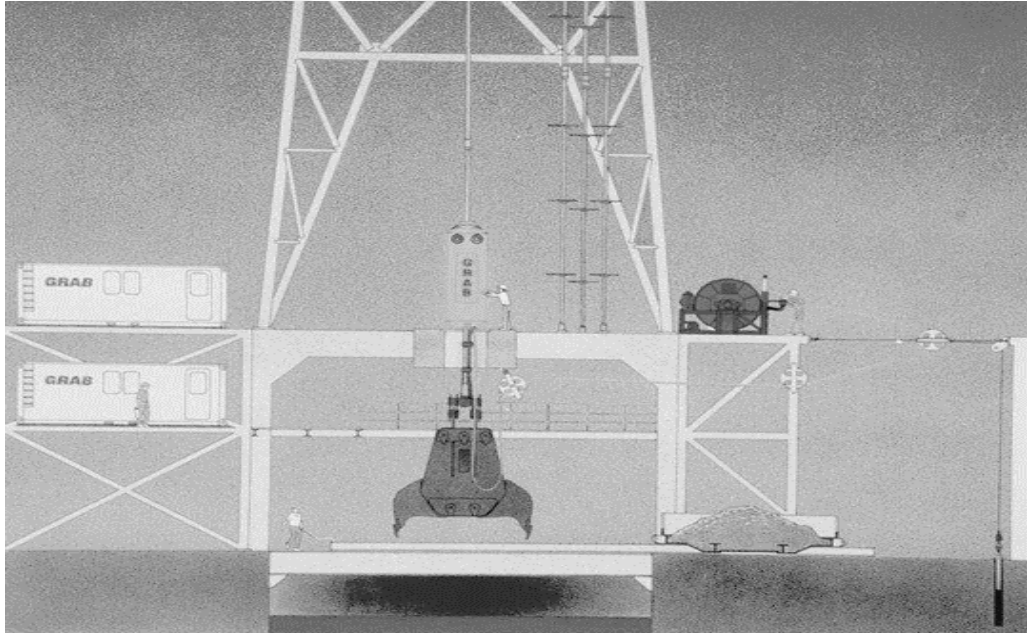
geleneksel yöntemlere kıyasla daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, önerilen PEFC yönteminin güvenli ve verimli derin deniz kurtarma operasyonlarına katkıda bulunabileceğini göstermektedir [16].

[17] **Valdy ve Mearns'ın** geliştirdiği bir diğer çalışmada, 1994 yılında Ifremer tarafından geliştirilen SS John Barry enkazında kullanıldığı ve bu enkazın 2600 metre derinlikteki II. Dünya Savaşı sırasında batmış bir Liberty gemisinden gümüş kurtarmak için özel olarak geliştirildiği belirtilmektedir. Bu başarılı operasyondan sonra, Blue Water Recoveries (BWR) şirketi bu aracı edinmiş ve Atlas Okyanusu ve Akdeniz'deki birçok hedefte kullanmıştır. "Deep Salvage Tool Grab 3000" adlı bir denizaltı enkaz kurtarma aracının deneyimlerini ve nükleer ürünler ile petrolün derin deniz enkazlarından kurtarılmasındaki uygulamalarını detaylı olarak ele almaktadır. Mekanizma, derin su kurtarma operasyonları için tasarlanmış çok amaçlı bir araçtır. İki adet 10 metre uzunluğunda ve 2 metre çapında çelik koldan oluşmaktadır. Bu kollar, 200 ton kapma kuvveti ve 200 ton çekme kuvveti ile donatılmıştır. Yüksek dirençli metal tırnaklarla donatılmış olan kollar, 2 metre genişliğe ve 3,8 metre açıklığa sahiptir. 50 tonluk hidrolik tahrikli bir kapma-kurtarma mekanizmasıdır. Kolların uçlarında, nesnelere yakalamak için kullanılan kancalar bulunmaktadır ve mekanizma bir vincin yardımıyla su altında kontrol edilmiştir. Mekanizma, bir standart sondaj gemisinden kullanılan uzaktan kumandalı bir araçtır ve değerli kargoların kurtarılması için enkazlara nüfuz edebilecek şekilde tasarlanmıştır. Akabinde, aynı konseptte dayanan ancak önemli ölçüde artırılmış performansa sahip olan "Grab 6000" adlı yeni bir araç, 6000 metre derinlikte çalışma kabiliyetine sahip olarak hizmete sunulmuştur. Ancak, büyük teknik başarıya rağmen, yaklaşık 4000 metre derinlikteki enkazlardan birkaç bin ton değerli kargonun kurtarılmasını mümkün kılan bu faaliyetler, iki yıl süren sürekli çalışmanın ardından sona ermiş olduğu belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca, nükleer ürünlerin kurtarılması ve petrol kurtarma gibi iki önemli konu başlığı da detaylı olarak incelenmiştir.



**Şekil 2.23:** Comeca'da (Fransa) Test Edilen Kapma – Kurtarma Mekanizması

**Kaynak:** (Valdy vd., 2000)



**Şekil 2.24:** “Grab 3000” 'in Sondaj Gemisine Montajı

**Kaynak:** (Valdy vd., 2000)

Çalışmada, nükleer ürünlerin kurtarılması ve petrol kurtarma olarak iki konu başlığı incelenmiştir.

### **Nükleer Ürünlerin Kurtarılması:**

Kapma-kurtarma mekanizması aracının tasarımı, radyoaktif kirlenmiş gemilerden nükleer yakıt veya atıkların güvenli bir şekilde kurtarılması amacıyla kullanılabilirdiği, bu mekanizmanın nükleer ürünlerin kurtarılması uygulamalarına adapte edilmesi için yapılan çalışmalar devam etmekte olduğu, aracın radyoaktif kirliliğe karşı dayanıklılığını ve güvenliğini artırmayı hedeflendiği belirtilmiştir.

### **Petrol Kurtarma:**

Kapma-kurtarma mekanizması aracı, petrol sızıntılarını durdurmak ve petrol toplamak gibi operasyonlar için özel olarak tasarlanmış kancalar veya kepçeler ile donatılabilir ve bu şekilde petrol kurtarma uygulamalarına uyarlanabilir. Bu mekanizmanın petrol sızıntılarını daha hızlı ve etkili bir şekilde durdurması ve petrolü daha verimli bir şekilde toplaması amacıyla yapılan çalışmalar devam etmektedir. Aracın tasarımı, nükleer ve petrol kurtarma uygulamalarına adapte edilebilirliği nedeniyle, çevre kirliliğini önlemek ve değerli malzemeleri kurtarmak açısından kritik bir öneme sahiptir. Mekanizma, 2011 yılında Japonya'da meydana gelen Fukushima Daiichi nükleer felaketi sonrasında radyoaktif kirlenmiş gemilerden nükleer yakıt veya atıkların kurtarılması için kullanılmıştır. Ayrıca, 2020 yılında Akdeniz'de meydana gelen bir petrol tankerinin sızıntısından petrol toplamak için de başarıyla kullanılmıştır. Sonuç olarak, araştırmacılar, bu kurtarma aracının Ifremer ve BWR tarafından geliştirilmesi ve işletilmesine tamamen dahil olan kişiler olarak, bu kanıtlanmış konseptin unutulmaması gerektiğine inanmaktadır. Ayrıca, nükleer ürünlerin ve petrolün derin deniz enkazlarından kurtarılmasında acil durumlarda Avrupa için bir çevresel araç olarak kullanılabileceğini düşünmektedirler [17].

**[18] Shengxiong Xue ve arkadaşları (2019)** tarafından yazılan "Derin Deniz Gemi Enkazı Su Kesme Mühendisliği Üzerine Teknik Karşı Önlemler Araştırması" başlıklı çalışmada, 6.000 metreye kadar derinliklerde çalışabilen bir su kesme sistemi geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Bu sistem, su altı ortamlarında enkazlara güvenli ve etkili bir şekilde erişim sağlamak, kesme işlemlerini gerçekleştirmek ve malzemeleri çıkarmak için gelişmiş yöntemler ve teknolojiler içermektedir. Çalışma, deniz mühendisliği, robotik, malzeme bilimi ve su altı keşfi gibi farklı disiplinlerden gelen bilgileri bir araya getirmektedir. Küresel olarak kullanılan bir batık çıkarma tekniği olarak, gemi enkazlarının gövdelerinde delikler açmak için su kesme teknolojisinin kullanılmasındaki teknik zorlukları ve çözümleri araştırmaktadır. Bu

amaçla, su kesme sistemlerinin derin denizdeki kullanımına yönelik teknik karşı önlemleri ve ilgili mühendislik zorlukları ele almaktadır. 100-140 MPa basınçlı önceden karıştırılmış aşındırıcı su kesme teknolojisinin kullanılmasını önermektedir. Çalışmada belirtilen teknik zorluklar şunlardır:

- Derin denizdeki ultra yüksek sıkıştırma basıncının üstesinden gelinmesi
- Zor koşullar altında ekipmanın güvenilir çalışmasını sağlanması,
- Kontrol için etkili yöntemler geliştirilmesi,



**Şekil 2.25:** ROV ile İşbirliği Yapan Yüksek Basınçlı Su Kesme Cihazı

**Kaynak:** (Xue vd., 2019)

Operasyon yöntemi için özel olarak tasarlanmış bir dizi ekipmanın kullanıldığı ifade edilmektedir. Bu ekipmanlar arasında ultra yüksek basınçlı denizaltı pompaları, su kesme başlıkları ve bunların konuşlandırılması ve işletilmesi için uzaktan kumandalı araçlar (ROV) bulunmaktadır. Bu teknoloji, derin deniz gemi enkazı kurtarma operasyonlarının etkinliğini ve güvenliğini artırabileceği gibi, offshore petrol ve gaz arama ve üretimi gibi diğer su altı uygulamalarında da kullanılabilir. Ancak, çalışmanın ekonomik fizibilitesini tartışmadığı ve derin deniz ortamlarında su kesmenin potansiyel çevresel etkilerine değinmediği belirtilmektedir. Bu noktaların ele alınması, bu teknolojinin daha geniş çapta uygulanabilirliğinin ve etkilerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunabilir. Çalışma, bu teknolojinin ekonomik fizibilitesini tartışmamaktadır, ayrıca, derin deniz ortamlarında su kesmenin potansiyel çevresel etkilerine de değinmemektedir [18].

[19] Doran, K. (2013) çalışmasında, uluslararası sularda bulunan tarihi gemi enkazlarına deniz kurtarma hukukunun uygulanmasını incelemiştir. Çalışma, deniz

kurtarma hukukunun temel ilkelerini ve tarihi gemi enkazlarına nasıl uygulandığını tartışarak başlamıştır. Araştırmacı, mevcut hukuki çerçevenin bu enkazları korumak ve aynı zamanda ticari kurtarma faaliyetlerini teşvik etmek için yeterli olmadığını savunmuştur. Denizde kurtarma hukuku, öncelikle ticari gemileri ve kargoyu korumaya odaklanmış olduğu ve tarihi gemi enkazları bu kapsamın dışında kalmış olduğunu, uluslararası sularda bulunan tarihi gemi enkazlarına ilişkin özel bir yasal çerçeve bulunmamasını, UNESCO Sualtı Kültürel Mirası Sözleşmesi gibi mevcut uluslararası sözleşmelerin bu enkazları korumak için yetersiz olduğunu belirtmiş ve mevcut hukuki çerçevenin iyileştirilmesi için bir dizi öneri sunmuştur. Bu önerileri şunlardır:

- Tarihi gemi enkazlarının özel bir yasal koruma statüsü ile korunması,
- Uluslararası sularda bulunan tarihi gemi enkazlarının korunması için özel bir uluslararası sözleşmenin geliştirilmesi,
- UNESCO Sualtı Kültürel Mirası Sözleşmesi'nin daha etkin bir şekilde uygulanması,

Doran, bu önerilerin tarihi gemi enkazlarının korunmasına ve gelecek nesiller için korunmasına yardımcı olacağını savunmuş, uluslararası sularda bulunan tarihi gemi enkazlarının korunması için mevcut hukuki çerçevenin eksiklikleri gidermek için somut öneriler önemli bir katkıda bulunmuştur. Çalışma, deniz kurtarma hukuku ve sualtı kültürel mirası ile ilgilenen herkes için faydalı bir kaynak olmuştur [19].

[20] **Bruzzone, L. E., Cavallo** ve arkadaşlarının, derin denizlerde 2000-3000 metre derinlikte petrol ve gaz tesislerinin bakımı için geleneksel yöntemlere göre daha rijit, doğru ve etkili olması beklenen paralel bir robot kolunun tasarımını ele almıştır. Çalışmanın amacı, bu yenilikçi yaklaşımın ne gibi avantajlar sağlayabileceğini ve karşılaşılabileceği zorlukları inceleyerek bir çözüm önermektir. Araştırmacılar avantajları olarak; daha yüksek rijitlik, doğruluk ve etkinlik ile daha başarılı görev tamamlama ve daha düşük güç tüketimi, geleneksel yaklaşımlara göre daha güvenli çalışma imkânı olarak belirtmiştir. Dezavantajları olarak da kapalı zincir mekanizmalarının teorik analizindeki zorluklar, deniz operasyonlarının getirdiği teknik zorluklar (yüksek basınç, korozyon vb.) olarak belirtilmiştir. Yazarlar, bu zorlukları aşmak için "yüksek derecede eşzamanlı tasarım metodolojisi" adı verilen bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşım, çalışma alanı optimizasyonu,

kinematik, statik ve dinamik davranış, görev performansı değerlendirmesi, yapısal kontroller ve görev güvenilirliği gibi çeşitli yönleri aynı anda dikkate almıştır. Çalışmada ayrıca kavramsal tasarımın detayları, geliştirme adımları, sanal prototip testleri ve yaşam döngüsü simülasyon kontrolleri de ele almıştır, ancak bu bulguların gerçek deniz ortamında test edilmesi ve doğrulanması gerçekleşmemiştir [20].

[21] **Dehkordi, S. F. (2021)**, esnek bağlantılı manipülatörler, su altı robotları gibi çeşitli alanlarda kullanılmakta olduğu, su altı ortamının manipülatörün dinamiği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu, bu nedenle su altı uygulamalarında esnek bağlantılı manipülatörlerin dinamik analizini yapmanın önemi belirtilmiştir. Çalışmada, esnek bağlantılı manipülatörlerin dinamik analizini yapmak için Gibbs-Appell formülasyonları kullanılmıştır. Manipülatörün dinamik modeli, Lagrange mekaniği kullanılarak türetilmiştir. Su altı ortamının etkileri, eklenmiş kütle ve hidrodinamik kuvvetler olarak modellenmiştir. Esnek bağlantılar, Euler - Bernoulli kiriş denklemleri ile modellenmiştir. Gibbs- Appell formülasyonları, modelin denklemlerini basitleştirmek için kullanılmıştır. Çalışma, farklı senaryolar için simülasyon sonuçları sunmuştur. Simülasyon sonuçları, su altı ortamının manipülatörün dinamiği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. Esnek bağlantıların dikkate alınması, daha doğru bir modelleme ve analiz sağlamıştır. Çalışma su altı uygulamalarında esnek bağlantılı manipülatörlerin dinamik analizini yapmak için Gibbs-Appell formülasyonlarını kullanmanın ilk örneği olmuştur. Su altı ortamının manipülatörün dinamiği üzerindeki etkilerini ayrıntılı olarak incelenmiş, esnek bağlantılı manipülatörlerin modellemesi ve analizi için yeni bir yöntem sunmuştur [21].

[26] **Algantürk (2007)** çalışmasında, Uluslararası Nairobi Konvansiyonu'nun denizlerde bulunan enkazların kaldırılması konusundaki uluslararası hukuki koşulları detaylı bir şekilde incelemiştir. Bu konvansiyon, denizde bulunan gemi enkazlarının kaldırılması ve deniz çevresinin korunması amacıyla uluslararası bir anlaşmadır. Konvansiyonun amacının, deniz kazaları sonucu oluşan enkazın etkili bir şekilde kaldırılmasını sağlamak ve çevresel zararları en aza indirmek olduğu vurgulanmıştır. Nairobi Konvansiyonu, denizlerde bulunan enkazların kaldırılması konusundaki uluslararası hukuki çerçeveye önemli bir katkı sağladığı bununla birlikte, uygulamasında bazı problemler de bulunduğu belirtilmiştir. Bu problemlerin çözülmesi için Konvansiyon 'da bazı değişikliklerin yapılması ve uluslararası

denizcilik uygulamalarında gerekli düzenlemelerin yapılması gerektiği belirtilmiştir. Konvansiyonun getirdiği yenilikleri, gemi sahipleri, devletler için getirdiği yükümlülükleri ayrıntılı bir şekilde ele aldığı ve Uluslararası Nairobi Konvansiyonu'nun deniz kazaları sonucu oluşan enkazın kaldırılmasıyla ilgili uluslararası iş birliğini artırmaya yönelik önemli bir adım olduğunu vurgulanmıştır. Konvansiyonun ana hedefleri arasında, denizlerdeki enkazların çevresel ve deniz trafiği açısından potansiyel tehlikelerini azaltmak, deniz çevresinin korunması için gerekli önlemleri almak ve deniz trafiğini güvenli hale getirmek bulunmaktadır. Konvansiyon, gemi enkazlarının kaldırılmasıyla ilgili sorumlulukları, prosedürleri ve standartları belirlemektedir. Algantürk'ün çalışması, bu uluslararası hukuki çerçevenin detaylarını ve uygulama alanlarını ele alarak, deniz kazaları ve enkaz kaldırma operasyonlarıyla ilgili uluslararası düzenlemelerin önemini vurgulamaktadır. Çalışma, denizcilik sektöründe güvenlik ve çevresel koruma konularında farkındalığı artırmaya yönelik önemli katkılar sunmaktadır.

**[31- 35] Gürol, U., Dilibal, S. ve arkadaşlarının (2022- 2023)** yaptığı çalışmalarda, Robotik Tel Ark Eklemeli İmalat (WAAM) yöntemi, son yıllarda malzeme alanında önemli bir gelişme olarak dikkat çekmekte ve bu yöntemin farklı malzeme kombinasyonları ile yenilikçi ürünlerin geliştirilmesindeki rolünü vurgulamaktadır. WAAM yöntemi, otomotiv, denizcilik, savunma sanayi ve havacılık gibi çeşitli endüstrilerde kullanılarak üstün mekanik özelliklere sahip fonksiyonel bimetalik malzemelerin üretimini mümkün kılmaktadır. Özellikle, düşük karbonlu çelik ve östenitik paslanmaz çelik (SS316L) kaynak telleri kullanılarak bimetalik komponentlerin üretimi, bu alandaki önemli bir gelişmeyi temsil etmektedir. Belirtilen çalışmada, östenitik paslanmaz çelik ve sert dolgu kaynak telleri kullanılarak farklı sertlik oranlarına sahip bimetalik komponentlerin WAAM yöntemi ile üretilebildiği gösterilmektedir. Bu, WAAM yönteminin bimetalik ve fonksiyonel olarak derecelendirilmiş bileşenlerin tasarım esnekliğini artırabileceğini ortaya koymaktadır. Özetle, WAAM yöntemi, farklı malzeme kombinasyonları ile yenilikçi ürünlerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalar, bu yöntemin endüstriyel uygulamalarının genişlemesine ve fonksiyonel bimetalik malzemelerin üretimine yeni olanaklar sunmaktadır.

### 3. SU ALTINDA ÇALIŞABİLEN YÜKSEK TONAJLI HİDROLİK KAPMA-KURTARMA MEKANİZMASI

Çalışmada su altında yüksek tonajlı nesnelerin kurtarılmasını hedefleyen bir hidrolik tahrikli kapma-kurtarma mekanizmasının özgün tasarımı sunulmaktadır. Su altı kurtarma operasyonları, gemi enkazları ve diğer batıklar gibi ağır ve yüksek tonajlı nesnelerin kurtarılmasını içeren karmaşık ve zorlu görevlerdir. Bu tür operasyonlar genellikle uzun sürebilir, maliyetli olabilir ve çevresel riskler taşıyabilir. Bu nedenle, verimliliği artırmak ve çevreye duyarlı kurtarma yöntemleri geliştirmek önemlidir. Kapma- kurtarma mekanizması, hidrolik tahrikli kapma-kurtarma işlemlerini gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Tasarım, eş zamanlı olarak çalışan hidrolik silindirlerin oransal veya lojik kontrolü ile karakterize edilir. Bu kontrol mekanizması, mekanizmanın hassas ve yüksek manevra kabiliyetine sahip olmasını sağlar. Ayrıca, ağır ve yüksek tonajlı su altı batıklarının mümkün olan en büyük parçalar halinde kavranmasını, çıkarılmasını ve kurtarılmasını amaçlar. Tasarımın temel amacı, su altında kurtarma operasyonlarının etkinliğini artırmak ve çevresel etkileri en aza indirmektir. Tasarlanan mekanizmanın kullanımıyla, kurtarma operasyonlarının daha hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu, su altı kurtarma operasyonlarının daha güvenli ve çevre dostu hale getirilmesine olanak tanır.

Su altında kullanılan kapma-kurtarma mekanizmalarıyla ilgili dünya çapında yaygın olarak kullanılan firmaların mekanizmaları incelenmiştir. Ancak, yapılan incelemeler sonucunda mevcut tasarımların belirli kısıtlamaları olduğu belirlenmiştir. Bu kısıtlamalar şunlardır:

**Hassasiyet Eksikliği:** Mevcut tasarımların bazıları, kolların yetersiz açıklıkta olması nedeniyle batıkların hassas bir şekilde kavranmasını ve kurtarılmasını zorlaştıran yetersiz manevra kabiliyeti sunmaktadır. Bu durum, operasyonların verimliliğini ve başarısını olumsuz yönde etkileyebilir.

**Yüksek Maliyet:** Halatlı veya gergi sistemli gibi karmaşık mekanizmaların yanı sıra ağır çelik veya paslanmaz çelik gibi yüksek maliyetli malzemelerin

kullanımı, mevcut tasarımların maliyetini artırmaktadır. Ayrıca, diğer yöntemler ile operasyonların uzun süre alması ve mekanik kısıtlamaların bulunması da maliyeti artıran faktörler arasındadır. Bu durum, operasyonların maliyetini ve zamanını artırarak ekonomik açıdan dezavantajlı bir duruma yol açabilir.

Bu kısıtlamaların farkında olarak, yeni kapma-kurtarma mekanizmalarının tasarlanması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Yeni tasarımların, hassas kavrama ve kurtarma işlemlerini sağlayacak şekilde daha yüksek manevra kabiliyetine sahip olması ve aynı zamanda maliyetleri azaltacak şekilde daha verimli olması beklenmektedir. Bu şekilde, su altı kurtarma operasyonlarının daha etkin ve ekonomik hale gelmesi sağlanabilir. Bu çalışmada sunulan özgün tasarım, yukarıda belirtilen kısıtlamaları aşmayı amaçlamaktadır, tasarımın temel özgün özellikleri şunlardır:

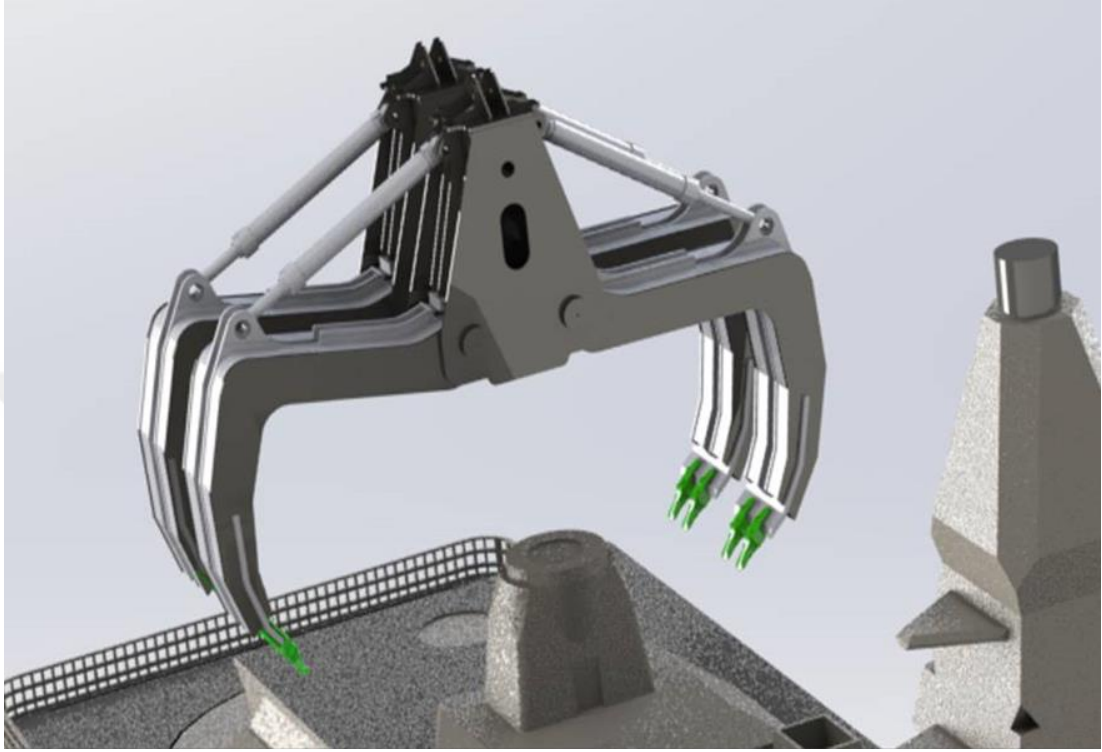
**Eş Zamanlı Çalışan Hidrolik Silindirelerin Kontrolü:** Mekanizmanın her bir kolunun bağımsız bir şekilde kontrol edilmesini sağlayarak, batıkların daha hassas bir şekilde kavranmasını ve kurtarılmasını mümkün kılar. Bu özellik, eş zamanlı çalışan hidrolik silindirelerin oransal/lojik kontrolü sayesinde, ağır ve yüksek tonajlı su altı batıklarının mümkün olan en büyük parça halinde kavranıp kurtarılmasını sağlar.

**Modüler Tasarım:** Mekanizma, farklı batık boyutlarına ve şekillerine göre kolayca uyarlanabilmesi için modüler olarak tasarlanmıştır. Örneğin, batık geometrisine göre kolların tasarımı değiştirilebilir, bu da mekanizmanın çok yönlülüğünü artırır.

**Hesaplamalar ve Analizler:** Tasarımın gereksinimleri, taşıma kapasitesi, manevra kabiliyeti ve dayanıklılığı gibi kritik parametrelerin belirlenmesi için hesaplamalar ve analizler kullanılarak ortaya konulmuştur. Bu sayede, tasarımın operasyonel performansı önceden tahmin edilip iyileştirilebilir.

Sunulan özgün hidrolik tahrikli yüksek tonajlı kapma-kurtarma mekanizması tasarımı, su altı kurtarma operasyonlarının verimliliğini, hassasiyetini ve çevre dostu özelliğini önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir. Gemi enkazları veya diğer su altı batıklarının kurtarılma operasyonlarının süresinin ve maliyetinin azaltılması, operasyon zamanının daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar. Ayrıca, bu tasarımın yurtdışı operasyonlarında daha sık kullanılması gözlemlenmektedir. Bu

durum, mekanizmanın operasyonel etkinliğinin ve güvenilirliğinin uluslararası düzeyde tanınması ve kabul görmesiyle ilişkilendirilebilir. Bu tasarımın, su altı kurtarma operasyonlarının gerçekleştirilmesinde önemli bir dönüşüm sağlayabileceği düşünülmektedir.



**Şekil 3.1:** Su Altında Çalışabilen Hidrolik Tahrikli Kapma- Kurtarma Mekanizması Örnek Özgün Versiyon Tasarımı

### **3.1. Su Altında Çalışabilen Hidrolik Tahrikli Kapma- Kurtarma Mekanizması Tasarım Sınırlarının Belirlenmesi**

Bu bölümde, 1000 tona kadar net kapma- kurtarma kapasitesine sahip kapma- kurtarma mekanizması projesinin geliştirilmesi ve üretimi için gereken planlama, koordinasyon ve gereksinimler detaylı bir şekilde ele alınmaktadır. Teknik koordinasyon ve gereksinimler, projenin başarılı bir şekilde tamamlanması için farklı disiplinlerden uzmanların yakın iş birliği içinde çalışmasını gerektirir. Bu uzmanlar arasında mühendisler, teknisyenler, operatörler ve proje yöneticileri bulunmaktadır. Proje ekibi, tasarım aşamasında tüm teknik gereksinimleri dikkate almalı ve gerekli testleri ve analizleri gerçekleştirmelidir. Üretim aşamasında ise yüksek kalite standartlarına uyulmalı ve tüm güvenlik prosedürleri titizlikle takip edilmelidir. Bu süreçte, mühendislik hesaplamaları, malzeme seçimi, üretim teknikleri ve kalite kontrolü gibi teknik detaylar önemlidir. Ayrıca, proje yönetimi sürecinde

zamanlama, bütçe yönetimi ve risk yönetimi gibi konular da dikkate alınmalıdır. Bu şekilde, projenin başarıyla tamamlanması ve yüksek kapasiteli kapma-kurtarma mekanizmasının güvenilir bir şekilde hizmete sunulması sağlanabilir.



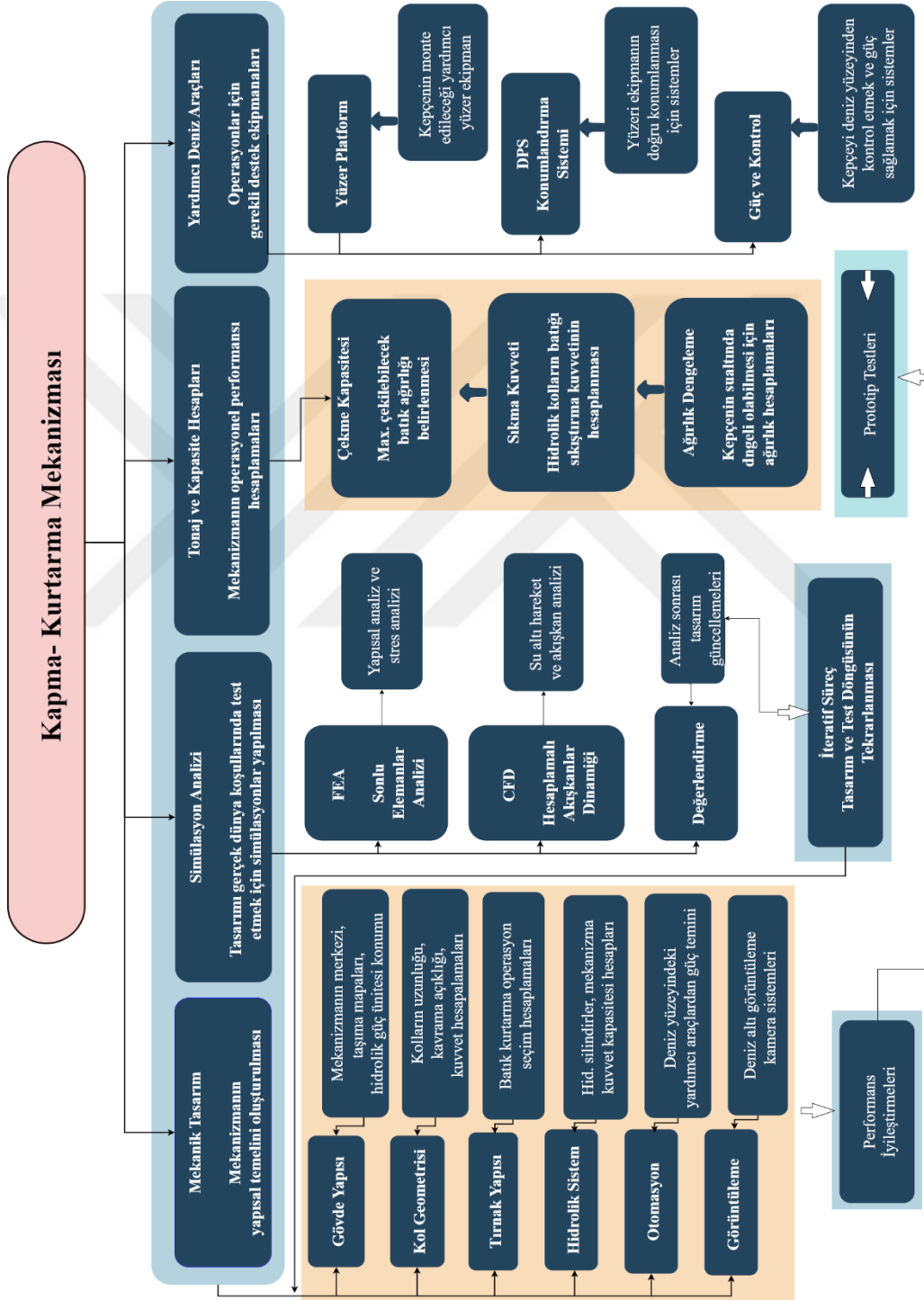
**Şekil 3.2:** Kapma- Kurtarma Mekanizması Örnek- Açıklık 7 metre

**Kaynak:** (Wang vd., 2019)

Gemi enkazlarının kurtarılması ve su altındaki ağır yüklerin taşınması için kullanılan kapma-kurtarma mekanizmaları, genellikle çeşitli teknik kısıtlamalarla karşılaşmaktadır. Örneğin, Hollanda merkezli bir firma tarafından üretilen bir kapma-kurtarma mekanizması, sınırlı bir sistem açıklığına (7 metre) sahiptir (Şekil 3.2). Bu durum, büyük boyuttaki batıkların kavranmasını ve kurtarılmasını zorlaştırabilir. Bununla birlikte, hidrolik sistemin gövde dışında konumlandırılması da bir kısıtlama olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda, hidrolik hattı yardımcı bir araç üzerinden alınmak zorunda kalabilir, bu da ek ekipman gereksinimlerini beraberinde getirir. Bu teknik kısıtlamaların yanı sıra, kapma-kurtarma mekanizmalarının işlevselliğini etkileyen bazı maliyet faktörleri de bulunmaktadır. Örneğin, hidrolik tahrik sisteminin gövde içinde olmaması sonucu devasa hortum tamburları gibi ek ekipmanlar gerekebilir ve bunlar da operasyon maliyetini artırabilir. Ayrıca, bu mekanizmaların bakımı ve işletilmesi için uzman personel gereksinimi de maliyeti etkileyen bir faktördür. Bu nedenlerle, kapma-kurtarma mekanizmalarının tasarımında ve üretiminde teknik kısıtlamaların ve maliyet

faktörlerinin dikkate alınması önemlidir. Bu mekanizmaların daha verimli, etkili ve ekonomik olması için sürekli olarak yeni çözümler ve iyileştirmeler araştırılmalı ve uygulanmalıdır.

### 3.2. Tasarım- Üretim ve Operasyon Şematik Planı



Şekil 3.3: Tasarım- Üretim ve Operasyon Şematik Planı

### 3.3. Tasarım Teknik Parametreleri Belirlenmesi



Şekil 3.4: Kapma- Kurtarma Mekanizmasının Yardımcı Araçtaki Yerleşimi

Kaynak: (www.shivashipping.com, Erişim 14.12.202)

Çizelge 3.1: Hidrolik Kapma- Kurtarma Mekanizması Teknik Özellikleri

KAPMA-KURTARMA MEKANİZMASI	TEKNİK ÖZELLİKLER
Boş Ağırlığı	200 Ton
Kapma Kapasitesi	1000 Ton
Kaldırma Hızı	60- 90 metre/dakika
Açılış/Kapanış sırası	12 dakika
Maksimum Kuvveti	300 ila 1000 Ton
Kontrol Sistemi	Uzak bilgisayar kontrollü
İzleme Sistemleri	Sensörler: Basınç, Sıcaklık, Eğim. Kameralar, Konum Bilgisi Sonar/ Echosounder (Derinlik Ölçer) Sistemi

#### 3.3.1. Operasyon İsterleri ve Tasarım Parametreleri:

Yardımcı araçların entegrasyonu ile birlikte (Şekil 3.4), operasyonel işleyiş prensibinin akışı aşağıda açıklanmıştır.

### **Çalışma Prensibi ve Teçhizat:**

- a) Kapma- kurtarma mekanizması, operasyonda kullanılacak yardımcı deniz üstü araçları olan yüksek tonajlı A yapısındaki (A-frame, Shearlegs) vincin bloklarına bağlanır.
- b) Enkaz kapma-kurtarma mekanizmasının kavrama hareketi, kontrol edilen dört eş ya da hidrolik şematik dizayna göre ayrı ayrı hareketi sağlanabilen hidrolik silindirlerin açılması ve kapanmasıyla gerçekleşir. Bu süreç sonucunda kolların hareketi gerçekleşir. Silindir hareketlerini sağlayan hidrolik güç ünitesi, mekanizmanın gövdesindeki sızdırmaz alan içerisine yerleştirilmiştir.
- c) Kapma- kurtarma mekanizması kol hareketi için gerekli elektrik, yardımcı deniz üstü aracı üzerindeki güç kaynağından, güvertesi üzerine yerleştirilen tamburlardan eş zamanlı alınır.
- d) Kapma işlemi, güverte köprüsünde bulunan bir kontrol ve görüntüleme paneli aracılığıyla gerçekleştirilir. Bu kontrol paneli, sonar araştırma sistemi (Echo sounder) ve denizaltında görüntülemeyi sağlayacak bir kamera sistemi ile entegre edilmiştir. Bu entegrasyon sayesinde operatörler, batıkların konumunu ve boyutunu doğru bir şekilde belirleyebilir ve mekanizmayı uygun bir şekilde kontrol edebilirler.

### **3.4. Sistem Detay Mimarisinin Oluşturulması**

Çalışılan özgün kapma-kurtarma mekanizması tasarımı, 600 ton ve üzeri net kapma kapasitesine ve 12 metrelik bir kol açılma metrajına sahip olarak, sınıfının en büyük enkaz kurtarmalarından biri olacak şekilde tasarlanmıştır. Piyasadaki çoğu mekanik tel halatlı sistemlerin yerini almak üzere geliştirilen elektro-hidrolik kontrol sistemiyle donatılmış ve geliştirilmiştir. Operasyonel bilgiler ve operasyon gereksinimleri doğrultusunda, 12 metrelik kapma açıklığı için gerekli hidrolik silindir çapı, mil uzunluğu ve kol mesafeleri gibi parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler, gerekli kapma tonajı temel alınarak hesaplanmış ve malzeme uzama katsayısı da göz önünde bulundurularak güvenlik katsayısı minimum iki olacak şekilde dizayn ölçüleri belirlenmiştir.





A noktasındaki momentlerin toplamının sıfır olduğu denge prensibine göre;

$$\Sigma M_A = 0 \text{ 'dır.}$$

Buradan yola çıkarak moment hesabımız;

$$P \sin \alpha a - F[c + \sin(Q - Q^0)] = 0$$

$$P = \frac{F - [c + \sin(Q - Q^0)]}{a \sin \alpha} \quad (3.1)$$

Sonuç olarak F kuvvetini dengede tutacak P (silindir) kuvveti 2' nolu denklemi kurulan formül ile hesaplanır. Burada bilinmeyen  $\alpha$  açısıdır.

$\alpha$  Kuvvetin etkime açısının hesabı için kosinüs teoremine göre;

$$L^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos Q \quad (a, b \text{ ve } Q \text{ açısı bilinmektedir.})$$

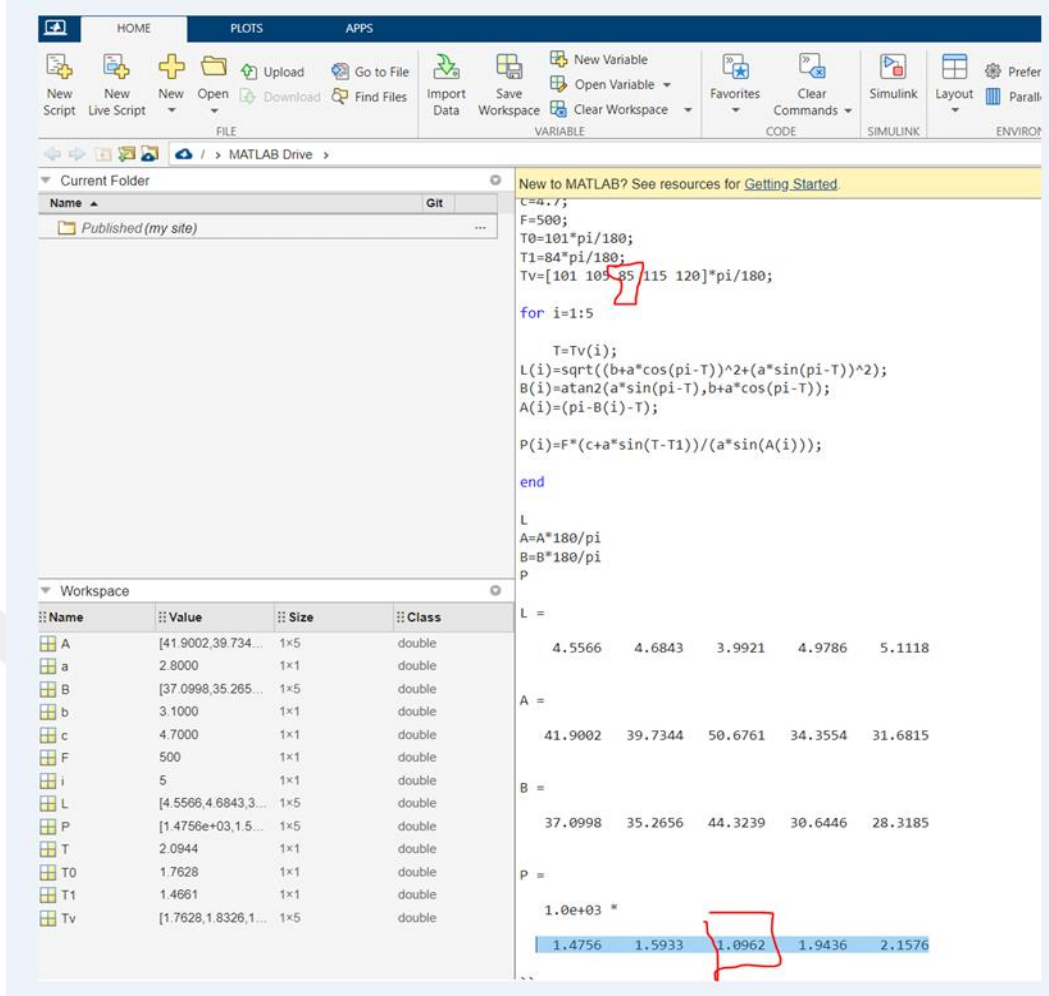
$$L = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos Q} \quad (L = \text{Silindir strok uzunluğudur.})$$

$$b^2 = a^2 + L^2 - 2aL \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{a^2 + L^2 - b^2}{2aL}$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{a^2 + L^2 - b^2}{2aL} \right) \quad (3.2)$$

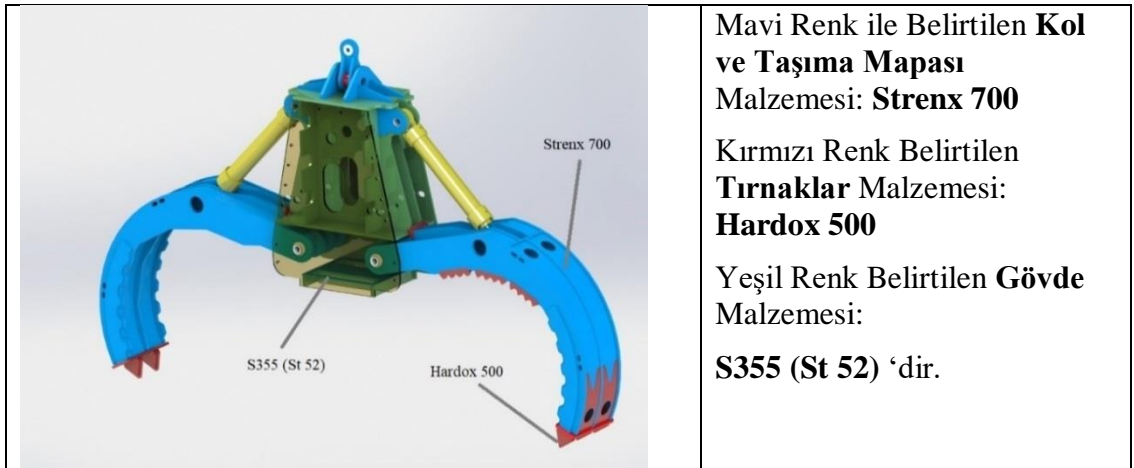
Değişen strok boyuna (L) göre oluşan bu  $\alpha$  açını formül 1'de kullanarak (P) silindir kuvvetini net olarak hesaplayabiliriz. Gerekli silindir kuvvet değerini elde edebilmek için en uygun nokta bağlantısını ve açısını belirleyebilmek için Matlab programı ile tarama yapıp optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Mekanizma tekniğinde isimlendirilerek belirtilen kuvvet kollarında optimum silindir açısını yakalamak amacıyla hesaplamalar Matlab ve benzeri programlara aktarılarak doğrulama ve optimizasyon çalışmaları yapılmıştır; burada belirtilen açıda verdiği kuvvetler ekran görüntüsü ile belirtilmiştir. Açısı büyüdükçe uygulanması gereken P kuvvetinin arttığı izlenmiştir.



Şekil 3.8: Serbest Cisim Diyagramını Matlab ile Doğrulama

### 3.4.3. Kapma – Kurtarma Mekanizmasının Mekanizmanın Malzeme Dağılımı

Aşağıdaki şekilde, tasarımda kullanılan ana bölümlerin malzeme dağılımı özetlenmiştir. Şekilde her bir bölüm için kullanılan malzemeler listelenmiştir.



Şekil 3.9: Kapma- Kurtarma Mekanizması Tasarım Malzeme Dağılımı

### 3.4.4. Kapma – Kurtarma Mekanizmanın Üretim Kaynak İşlemleri

#### Planı

Tasarım da kaynak işlemleri için “Gazaltı Kaynak Makinesi” kullanılacaktır. Gazaltı kaynak, elektrik arkı ile metal parçaların birleştirilmesi işlemidir. Bu yöntemde, ark kaynak bölgesini atmosferik kirleticilerden korumak için koruyucu bir gaz kullanılır. Gazaltı kaynak, yüksek kaliteli ve sağlam kaynaklar üretmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Projede iki farklı kaynak teli kullanılması öngörülmüştür:

- a. **1,2 mm ER110S-G:** Bu kaynak teli, yüksek dayanımlı ve darbeli yüklere dayanıklı kaynaklar üretmek için tasarlanmıştır. Genellikle gemi gövdeleri, boru hatları ve diğer kritik uygulamalarda kullanılır.
- b. **1,2 mm ER120S-G:** Bu kaynak teli, yüksek tokluk ve çatlama direnci sunan kaynaklar üretmek için tasarlanmıştır. Genellikle basınçlı kaplar, kriyojenik ekipmanlar ve diğer aşırı koşullarda kullanılan yapılarda kullanılır.

Kaynak parametreleri, kaynak telinin türüne, kaynak yapılacak malzemeye ve istenen kaynak özelliklerine göre seçilecektir. Bu parametreler arasında akım şiddeti, voltaj, kaynak hızı ve koruyucu gaz akış hızı yer alır. Kaynak parametrelerinin doğru seçilmesi, yüksek kaliteli ve sağlam kaynaklar üretmek için kritik önem taşır. Kaynak işlemlerinden sonra, uygun olan test yöntemine göre ultrasonik ve radyasyonik testler yapılacaktır. Bu testler, kaynakların kusursuz olduğundan ve istenen teknik şartları karşıladığından emin olmak için gerçekleştirilir. Ultrasonik testler, kaynaklardaki çatlaklar, gözenekler ve diğer kusurları tespit etmek için kullanılır. Bu test yöntemi, yüksek frekanslı ses dalgalarının kaynaktan geçirilmesi ve kusurlardan yansıyan dalgaların analiz edilmesiyle gerçekleştirilir. Ultrasonik testler, kaynakların iç yapısını incelemek için etkili bir yöntemdir. Radyografik testler, kaynaklardaki çatlaklar, gözenekler ve diğer kusurları tespit etmek için kullanılır. Bu test yöntemi, kaynaktan X-ışınlarının geçirilmesi ve kusurlardan geçen ışınların bir filme kaydedilmesiyle gerçekleştirilir. Radyografik testler, kaynakların tüm kalınlığını incelemek için etkili bir yöntemdir.

### 3.4.5. Kapma – Kurtarma Mekanizmanın Hidrolik Sistemin

#### Belirlenmesi

Batığın çıkarılması için öncelikle batığın konumu belirlenir ve ardından bağlantı noktaları tespit edilir. Bu amaçla kullanılan hidrolik sistem, iki modülden oluşan ve dört silindiri kontrol edebilen, ayrı kilit sistemlerine sahip bir yapıya sahiptir. Bu sistem, her bir silindirin ayrı ayrı kollarını hareket ettirebilecek şekilde tasarlanabilir. Şekil 3.10'da gösterilen şematik çizim, dört silindirin aynı anda açılacak veya kapatılacak şekilde dizayn edilmiştir.

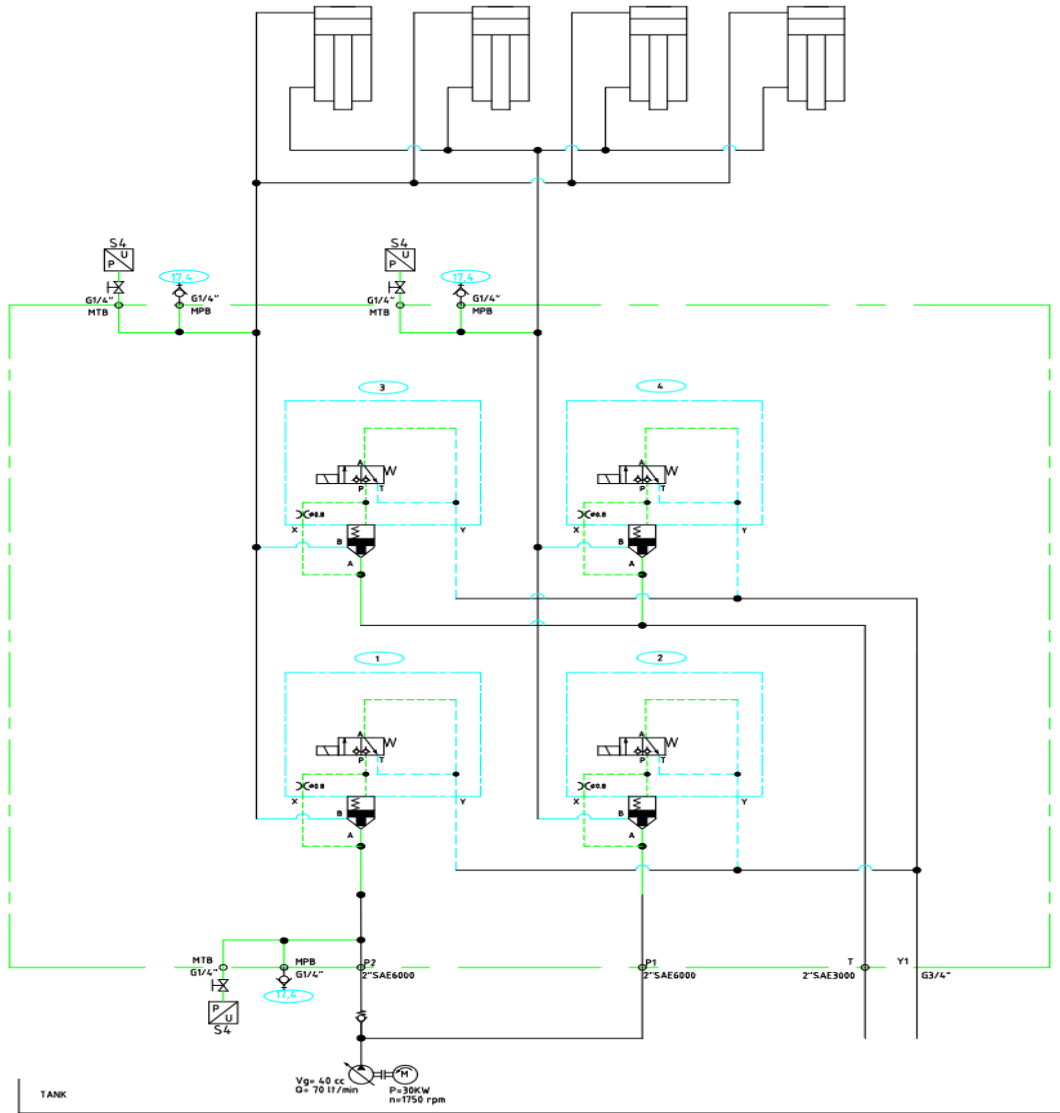
Hidrolik devre şemasında kullanılan malzemeler arasında, yönlendirme valfi olarak seçilen ürün, 2800 litre/dakika akış hızına sahip ve basınç kayıplarını minimumda tutmak için yüksek geçirgenliğe sahip bir lojik valftir. Bu valf, Rexroth'un LC50../00X ürün kodu ile temsil edilir ve modüler tasarımı, yüksek akış kapasitesi, hassas kontrol yeteneği, dayanıklı ve güvenilir yapısı ile çeşitli konfigürasyonlara uyum sağlayabilir. Kapaklar ise vana kapsüllerini koruyan ve sızıntıyı önleyen yapıları sebebiyle kullanılmıştır. Bu kapaklar, sıfır kaçaklı lojik ve pilot valflerle uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır ve Rexroth'un LFA 50 ürün kodu ile temsil edilir.

Yönlendirme valfinin kontrolünü sağlamak için ise hızlı tepki süresi ve geniş basınç aralığı sunan pilot valfler kullanılmıştır. Bu pilot valfler, hidrolik devredeki basınç kontrolünü kolaylaştırır ve silindirlerin hassas bir şekilde kontrol edilmesine olanak tanır. Özellikle, Rexroth'un M3SED... ürün kodlu pilot valfleri bu amaçla kullanılır.

Ayrıca, basınç transmitterleri eklenerek hidrolik sistemdeki basınçların otomasyon ile izlenmesi ve işlenmesi sağlanmıştır. Bu bileşenler, dört adet hidrolik tahrikli silindirin eş zamanlı olarak hareket etmesini sağlar. Bu valfler, hidrolik sıvının akışını kontrol eder ve silindirlerin eş zamanlı hareketini sağlamak için kullanılır. Bileşenlerin kullanımı, sistemdeki hidrolik devrenin düzgün çalışmasını ve batığın güvenilir bir şekilde çıkarılması için gerekli olan hidrolik sistemin oluşturulması sağlanmıştır.

Hidrolik silindirin mil dışarı hareketi, yani mekanizma kollarının kapanması veya kavrayacağı nesneye kapma yönünde ilerlemesi için hidrolik şemada belirtilen valf gruplarından işletim tablosunun bir (1) numaralı valf grubu ve dört (4) numaralı

valf grubu enerjilendirilerek hareket verilmesi üzerine sistem dizayn edilmiştir. Benzer şekilde, hidrolik silindirin mil içeri hareketi, yani mekanizma kollarının açılma yönünde ilerlemesi için hidrolik şemada belirtilen valf gruplarından işletim tablosunun ikinci (2) numaralı valf grubu ve üçüncü (3) numaralı valf grubu enerjilendirilerek hareket verilir. Belirtilen otomasyonel işletim, hidrolik sistemin kontrolünün ve yönlendirmesinin sağlanması için gerekli olan valf gruplarının belirlenmiş işletim tablolarıyla uyumlu bir şekilde hareketlendirilmesini içerir. Bu yöntem, hidrolik silindirin istenilen hareketini sağlamak için belirli valf gruplarının etkinleştirilmesini sağlar. Bu, sistemin doğru şekilde çalışmasını ve istenilen mekanizma hareketlerinin gerçekleştirilmesini sağlar. Operasyonel gereksinimlere uygun olarak hidrolik devrenin kontrolünü sağlamak için tasarlanmıştır ve mekanizmanın istenilen hareketlerini güvenilir bir şekilde gerçekleştirebilir.



Şekil 3.10: Kapma – Kurtarma Mekanizması Hidrolik Devre Şeması

### 3.4.6 Kapma – Kurtarma Mekanizmanın Hidrolik Silindir Seçimi

Hidrolik silindirler, sıvı basıncını mekanik kuvvete dönüştüren ve birçok modern makinede yaygın olarak kullanılan önemli bir aktüatör türüdür. Çalışma prensipleri, Pascal' ın hidrolik prensibi olarak bilinen temel bir fiziksel ilkeye dayanır. Bu prensip, kapalı bir sistemde uygulanan basıncın, sistemdeki tüm sıvıya eşit şekilde dağıldığını ve her noktada aynı kuvvet yarattığını belirtir. Hidrolik silindirlerde istenilen kuvveti hesaplamak, mühendislik uygulamalarında sıklıkla kullanılan önemli bir konudur. Bu hesaplama, silindirin piston çapı, basınç ve diğer faktörleri göz önünde bulundurarak teorik olarak elde edilebilecek kuvveti belirler. Hidrolik silindirlerde kuvvet hesaplaması için temel denklem şu şekildedir:

**Çizelge 3.2:** Hidrolik Silindirlerde Kuvvet Hesaplaması

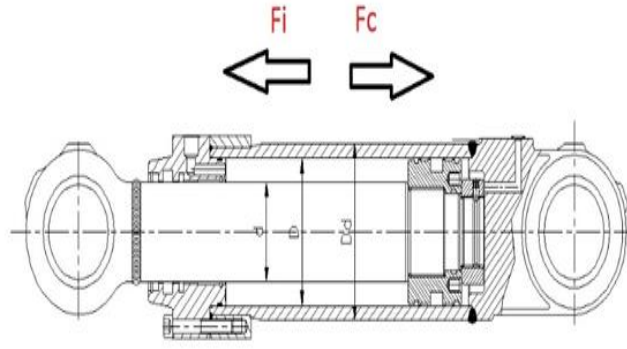
<b>F = A x P x η</b>		
<b>Açıklama</b>		<b>Birim</b>
<b>F</b>	Kuvvet	N
<b>A</b>	Piston Alanı	cm <sup>2</sup>
<b>P</b>	Basınç	bar
<b>η</b>	Verimlilik	%

**Kuvvet (F):** Hidrolik silindir tarafından uygulanan kuvveti ifade eder. Bu kuvvet, hidrolik sıvının piston üzerine yaptığı basınç etkisiyle oluşur.

**Piston Alanı (A):** Silindirin pistonunun kesit alanını temsil eder. Bu alan, silindirin iç çapına bağlıdır ve genellikle cm<sup>2</sup> cinsinden ifade edilir. Piston alanı, silindirin içine iletilen hidrolik sıvısının pistonun üzerine etki eden toplam alanını ifade eder.

**Basınç (P):** Hidrolik sistemdeki sıvının uyguladığı basıncı ifade eder. Basınç, bar veya Pascal (Pa) cinsinden ölçülür. Hidrolik sistemlerdeki basınç, hidrolik pompalar veya basınç sağlayıcı ekipmanlar tarafından üretilir.

**Verimlilik (η):** Hidrolik sistemlerdeki enerji kayıplarını hesaba katan bir faktördür. Bu kayıplar, sürtünme, sızıntılar ve diğer enerji dönüşümü kayıplarından kaynaklanabilir. Verimlilik genellikle yüzde (%) cinsinden ifade edilir.



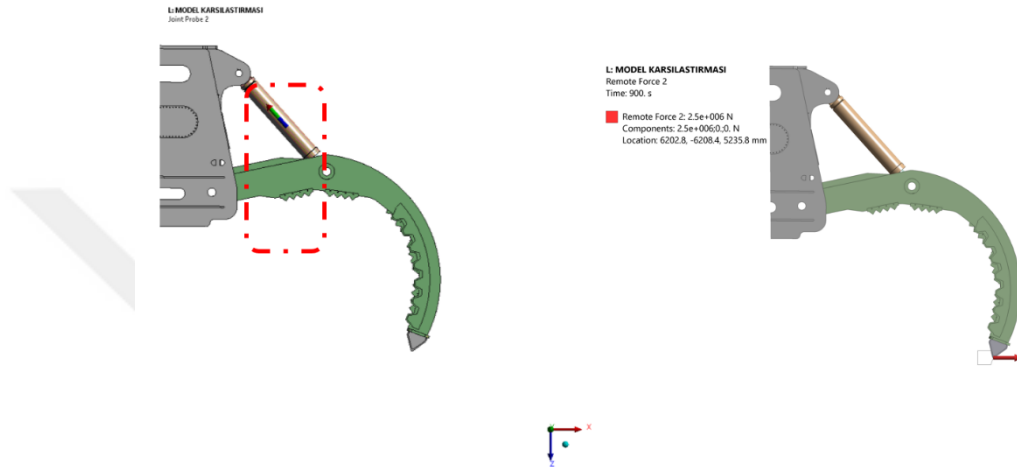
Şekil 3.11: Kapma – Kurtarma Mekanizmanın Hidrolik Silindir İç Kesiti

Çizelge 3.3: Silindir Seçim Hesap Tablosu

Silindir Seçim Hesap Tablosu				
Açıklama	Kısaltma	Değer	Birim	Formül
Silindir Yüğü	Fi	25000 0	Kg	(250 Ton)
Sistem Basıncı	P	320	Bar	(32 Mpa)
Akma Dayanımı	Y	520	Mpa (BK+S)	(Yield Strenght )
Katsayı	k	0,60	06-0,8	(Rod Katsayısı)
Boru Dış Çapı	Dd	365	mm	$Dd = D + 2x \text{ Önerme Sayısı}$
Boru İç Çap	D	315	mm	$Fi = \lambda/4 \times D^2 \times p$
Rod/ Mil Çapı	d	189	mm	0,6-0,7
Piston Alanı	A1	781	cm <sup>2</sup>	$A1 = D(\text{cm})^2 \times \lambda/4$
Mil Alanı	A2	125	cm <sup>2</sup>	$A2 = d(\text{cm})^2 \times \lambda/4$
Et Kalınlığı	t	19	min.	$P = (20 \times k \times s \times t) / Dd$
Belirlenen Kalınlığı	Et tb	25	mm	$Tb = (Dd - D) / 2$
Güvenlik Katsayısı	s	1,33	-	$S = tb / t$
İtme Kuvveti	Fi	250	Ton	$F = P \times A$
Çekme Kuvveti	Fç	210	Ton	$F = P \times A$

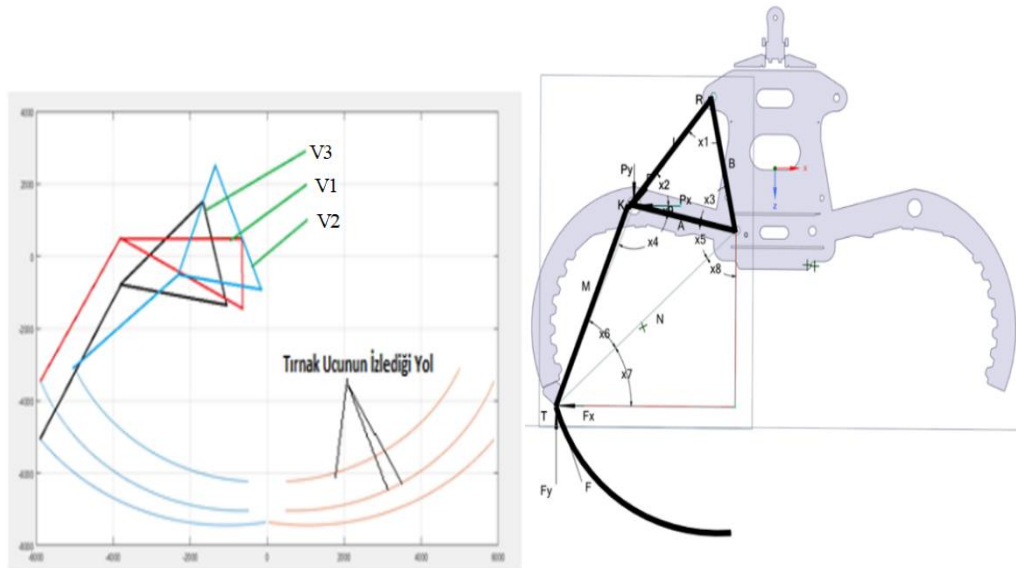


Sabit Büyüklük: Mil Uzunluğu [L] Bağımlı Değişken: K Noktası Koordinatları Bağımsız Değişken: - M , N , A uzunlukları , R,O noktaları koordinatları Bağımsız değişkenlere mekanizmanın tasarım limitlerine uygun olarak belirlenen aralıklarda değerler atanarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalarda kuvvet isterlerini sağlayacak sonuçların çıkarılması hedeflenmiştir. MATLAB yazılımında gerçekleştirilen hesaplamaların sonuçları incelenmiştir ve belirlenen noktalara toplamda iki farklı yerleşim çözümü uygun görülmüştür.



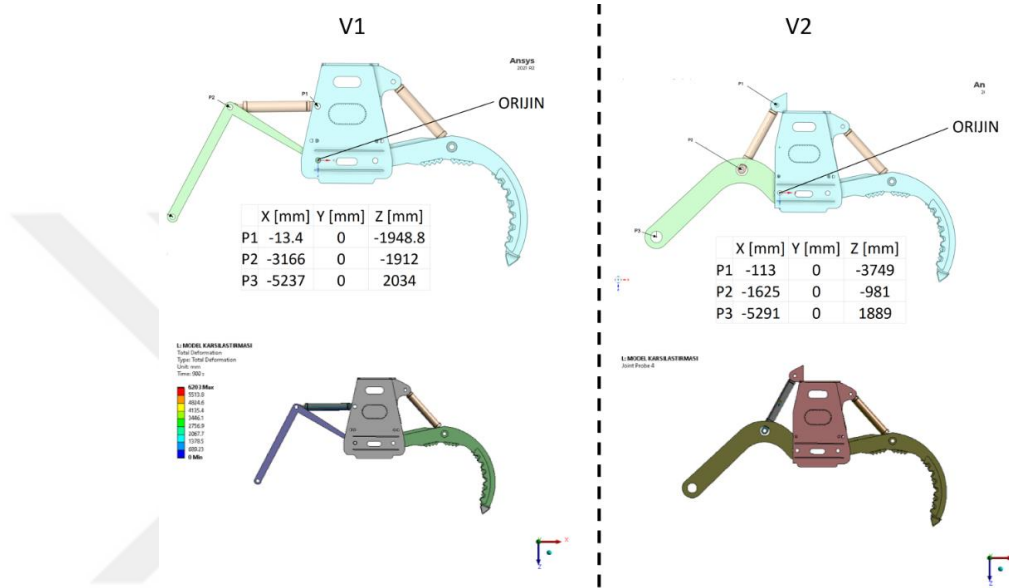
**Şekil 4.2:** Sabit-Dönen- Mapa Yerleşim Noktaları

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen mapa konumları için versiyonlar çalışılmıştır (V1, V2, V3) ve tırnak ucunun izlediği yollar aşağıdaki görselde sunulmuştur. Seçilen, V3 (Versiyon 3) çözümü için çizdirilen eğriler alttaki Şekil 4.3 nolu görselde sunulmuştur.



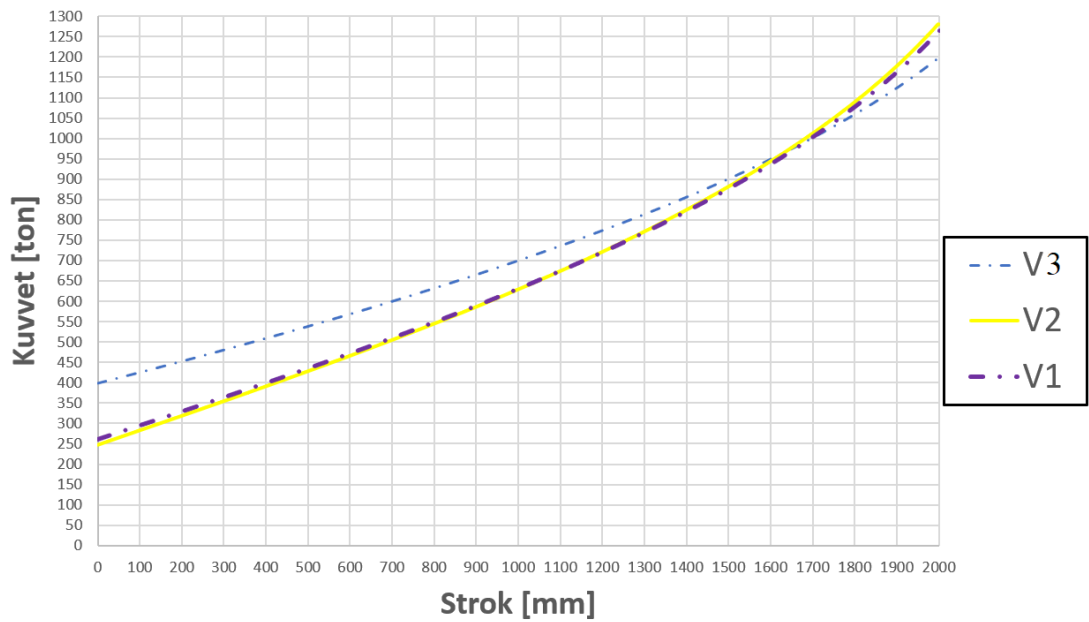
**Şekil 4.3:** Versiyonlar (V1, V2, V3) ve V3 Versiyon İzlediği Yol

V1 (Versiyon Bir) ve V2 (Versiyon İki) çözümlerine ait modeller Şekil 4.40 de sunulmuştur. Katı cisim dinamiği analizi (Rigid Body Dynamics) çözümleri hazırlanırken görselde sunulan orijin noktası sabit tutulup pistonun iki ucundaki bağlantı noktaları ve bunlara bağlı olarak kolun uç noktası kaydırılmıştır. Üç modele ait değişen strok miktarına bağlı olarak model gereken silindir kuvvetinin grafiği gözükmemektedir (Grafik 4.5). Sağ taraftaki model versiyon üçtür, farkı belirtmek için gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Versiyonlar, Versiyon Bir, Versiyon İki (V1, V2)

### Strok Kuvvet Grafiği



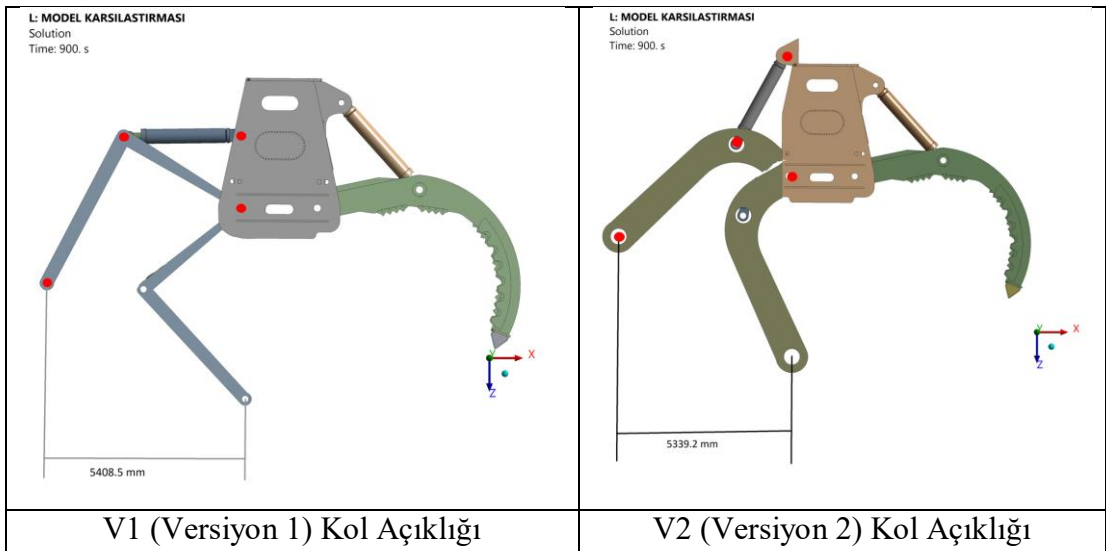
Şekil 4.5: Versiyonlar (V1, V2, V3) Stroka Göre Kuvvet Grafiği

Kapma- Kurtarma mekanizması yapısının tek tırnak bölgesinde 250 ton kapma kuvveti uygulayabilmesi için silindire uygulanması gereken maksimum kuvvet kollar kapandığında oluşmaktadır. Kollar tam kapandığında (silindirler tam açıkken) kapma- Kurtarma mekanizması yapısının tek tırnak bölgesinde 250 ton kapma kuvveti uygulayabilmesi için silindire uygulanması gereken yük; V3 için 1219 ton, V1 için 1291 ton ve V2 için 1280 ton' dur. Söz konusu olan değerler mevcut tasarlanan silindir yapısında maksimum uygulanabilecek yükün 250 ton olmasından dolayı silindir kuvvetinin 250 ton' u aşan bölgelerde 1000 tonluk toplam kapma kuvvetine ulaşamadığı görülmüştür. Ayrıca kolların kapalı olma durumunda söz konusu olan yüklerin silindire gelmesi durumunda yapısal olarak (buckling) analizlerinin yapılması gerekmektedir. Mevcut mil çapı 960 ton burkulma yüküne dayandığı hesaplanmıştır. Analizler sonucunda silindir çapı büyütülmesi gerektiği öngörülmüştür. Belirlenen yeni değerler altta belirtilmiştir.

**Çizelge 4.1:** Analizler Neticesinde Değişen Hidrolik Silindir Değerleri

Açıklama	Değer	Birim
Basınç	<u>350</u>	<u>bar</u>
Hidrolik Silindir Çapı	<u>380</u>	<u>mm</u>
Hidrolik Silindir Mil Çapı	<u>220</u>	<u>mm</u>
Hidrolik Silindir Strok	<u>2000</u>	<u>mm</u>
İtme Kuvveti (F)	<u>400</u>	<u>ton</u>

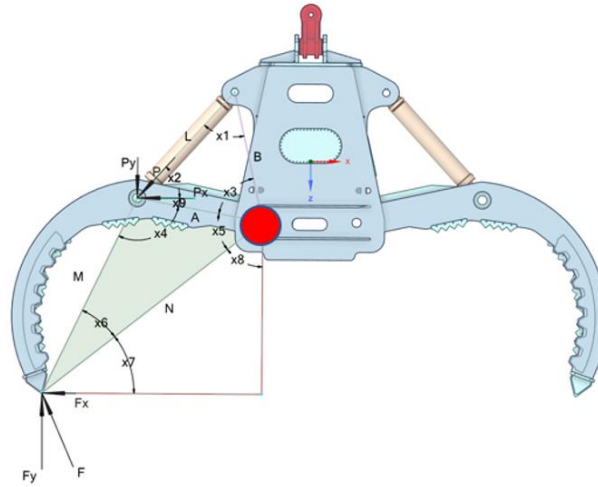
#### 4.1.1.2 Kapma- Kurtarma Mekanizması Versiyonlar Kol Açıklığı



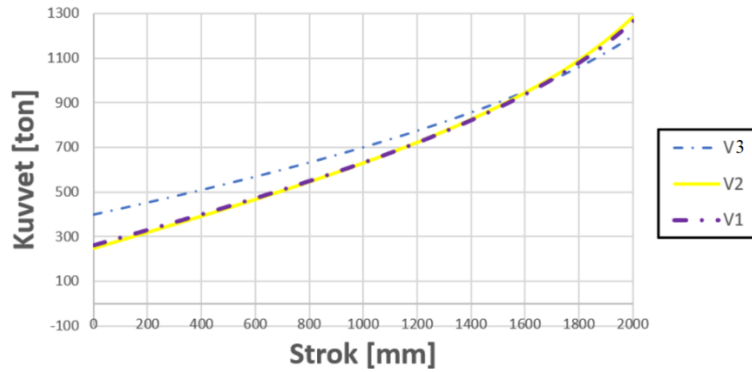
**Şekil 4.6:** Versiyonlar (V1- V2) Kol Açıklıkları Temsili Gösterimi

V1 (Versiyon Bir) çözümünün de bir kol x ekseninde 5408.5 mm yer değiştirmektedir. Bu değer iki kol için düşünüldüğünde x ekseninde 10817 mm bir uzunluk taranabildiğini söylemektedir. Kırmızı renk ile işaretlenen mapa bölgeleri X ekseninde ötelenmesiyle minimum açıklıktan taviz verilerek maksimum açıklık değeri istenilen değerlere getirilebilir. Bu durum V3 için tek kol x ekseninde 5702.8 mm'dir. İki kolun yatayda birlikte taradığı uzunluk (açıklık) ise 11405 mm'dir. V2 çözümünün de bir kol x ekseninde 5339.2 mm hareket etmektedir. Bu değer iki kol için düşünüldüğünde x ekseninde 10678.4 mm bir uzunluk taranabildiğini söylemektedir. Kırmızı renk ile işaretlenen mapa bölgeleri X ekseninde ötelenmesiyle minimum açıklıktan taviz verilerek maksimum açıklık değeri istenilen değerlere getirilebilir.

Bu durum V3 için tek kol x ekseninde 5702.8 mm'dir. İki kolun yatayda birlikte taradığı uzunluk (açıklık) ise 11405 mm'dir. Modeller incelendiğinde; Kırmızı nokta ile işaretlenen bölge orijin kabul edilerek yerleştirilen kollara ait maksimum ve minimum açıklıklar sırasıyla aşağıdaki gibidir.



**Strok Kuvvet Grafiği**

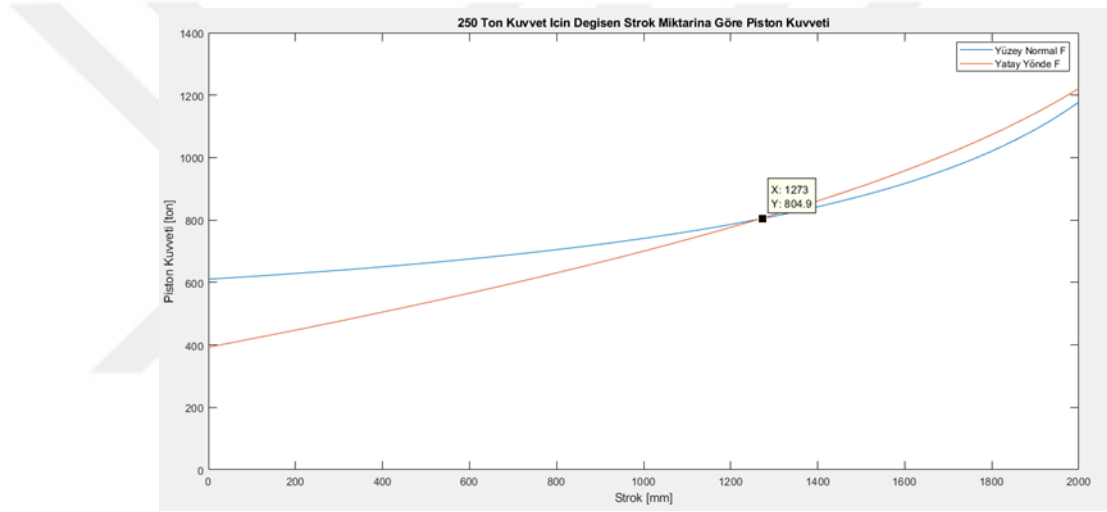


**Şekil 4.7:** Versiyonlar (V3 - V1- V2-) Kol Açıklıkları

Bağlanma noktaları ve tırnak ucu genişlik yönünde birlikte kaydırılarak aynı kuvvet değerlerine ulaşılabilir. Maksimum gereken silindir kuvveti, strok değerinin en büyük olduğu konumda meydana gelmektedir ve bu durum üç modelde de benzer seviyelerde hesaplanmaktadır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda versiyonlar arasında V3 (Versiyon Üç) ile devam edilmesine karar verilmiştir.

#### 4.1.1.2. Kapma- Kurtarma Mekanizması Ansys ile Yüzey Normali ve Yataydan Kuvvet Uygulama

Mekanizma tekniğinde isimlendirilerek belirtilen kuvvet kollarında optimum silindir açısını yakalamak amacıyla hesaplamalar Matlab ve benzeri programlara aktarılarak doğrulama ve optimizasyon çalışmaları yapılmıştır.



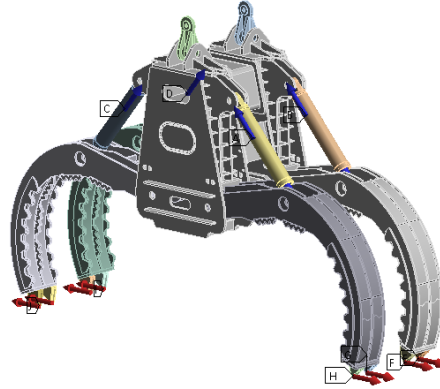
Şekil 4.8: Yatay Yönde ve Yüzey Normalinde (250 Ton) Kuvvet Grafiği

Kapma- kurtarma mekanizmasının tırnak ucuna, yatay yönde ve tırnağa dik olacak şekilde toplamda iki farklı hesap yapılmıştır. Grafikte belirtildiği gibi yatay yönde 250 ton kuvvet uygulandığında strok arttıkça 400 ton ile 1100 ton arasında değişen bir silindir kuvveti gerekmektedir. Aynı şekilde yüzey normali yönünde 250 ton uygulandığında strok arttıkça 600 ton ile 1100 ton arasında değişen bir silindir kuvveti gerekmektedir. İki sistem için 1273 mm strok değerine ulaşıldığında iki farklı durumda da aynı silindir kuvveti gerekmektedir. Strok için çalışma aralığı geminin boyutuna göre değişmektedir. 0-1200 mm strok boyu operasyonel tecrübelerden gelen bilgilere istinaden sık çalışma aralığı olacağından tırnak yüzey normaline uygulanan bu kuvvet değeri yükleme durumları için kötü durumu temsil ettiği değerlendirilmiştir.

#### 4.1.1.2.1 Yükleme Durumu 1 (Yatay Yük Uygulama)

B: MODEL 1 - LC1  
Transient  
Time: 1. s  
Items: 10 of 20 indicated

A Joint - Displacement: -2.2222 mm  
B Joint - Displacement: -2.2222 mm  
C Joint - Displacement: -2.2222 mm  
D Joint - Displacement: -2.2222 mm  
E Remote Force: 1.2263e+006 N  
F Remote Force: 1.2263e+006 N  
G Remote Force: 1.2263e+006 N  
H Remote Force: 1.2263e+006 N  
I Remote Force: 1.2263e+006 N  
J Remote Force: 1.2263e+006 N



Şekil 4.9: Yükleme Durumu 1 (Yatay yük uygulama)

Yükleme durumu bir' de 250 tonluk bir yatay yük uygulanmıştır. Analiz boyunca silindir ise 0'dan 2000'e kadar arttırılmıştır.



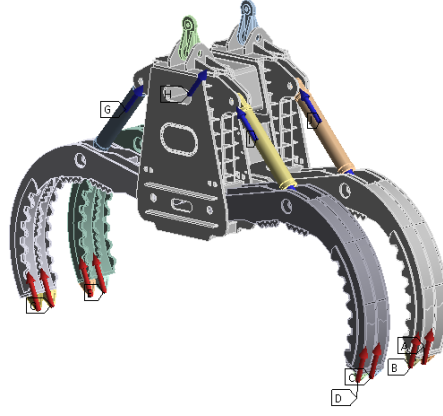
Şekil 4.10: Yükleme Durumu 1- Strok- Kuvvet Eğrisi

Yatay yönde uygulanan 250 ton kuvvetin stroğa bağlı silindir kuvvet grafiği ektaki gibidir. 250 tonluk tırnak kuvveti oluşturmak için maksimum strokta 1200 ton silindir kuvveti gerekmektedir. Minimum strokta ise 400 tonluk silindir kuvveti gerekmektedir.

#### 4.1.1.2.2 Yükleme Durumu 2 (Yüzey Normali Yönünde)

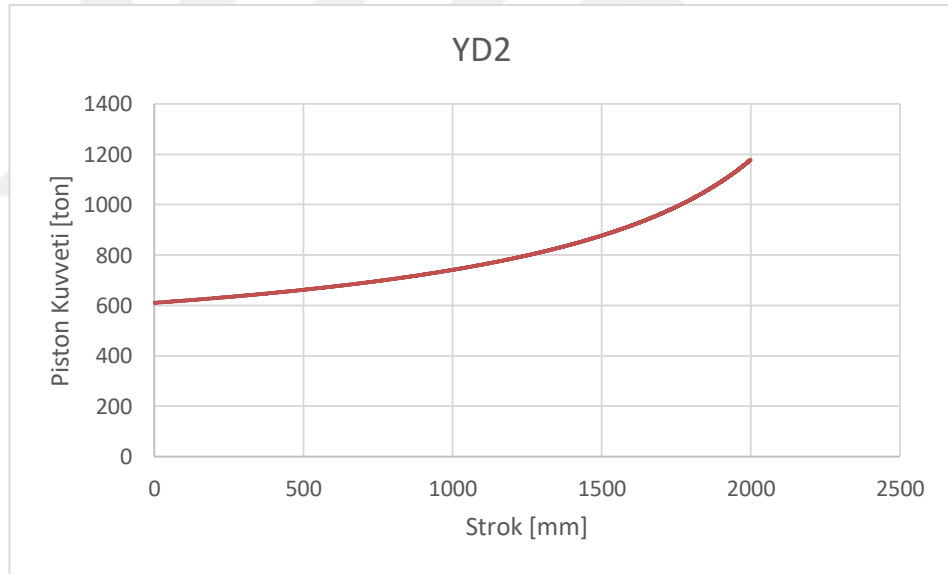
C: MODEL 1 - LC2  
Transient 2  
Time: 900. s  
Items: 10 of 20 indicated

- A Remote Force: 1.2263e+006 N
- B Remote Force 2: 1.2263e+006 N
- C Remote Force 3: 1.2263e+006 N
- D Remote Force 4: 1.2263e+006 N
- E Remote Force 5: 1.2263e+006 N
- F Remote Force 6: 1.2263e+006 N
- G Remote Force 7: 1.2263e+006 N
- H Remote Force 8: 1.2263e+006 N
- I Joint - Displacement: -2000. mm
- J Joint - Displacement 2: -2000. mm



Şekil 4.11: Yükleme Durumu 2 (Yüzey Normali Yönünde)

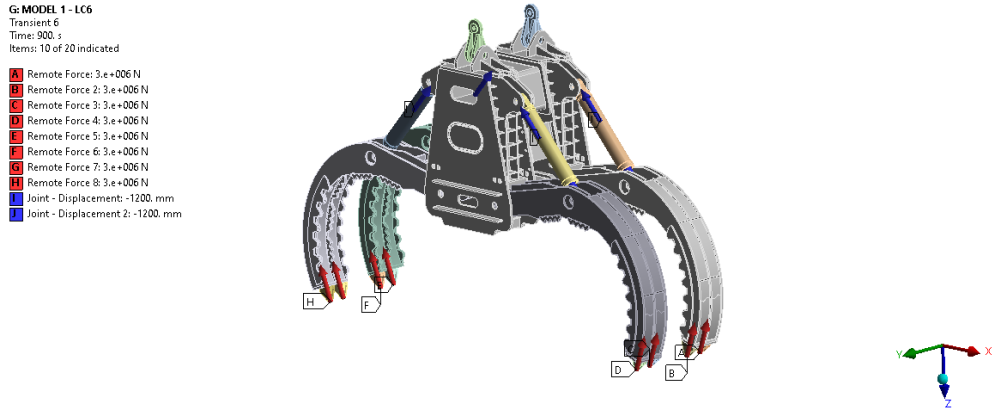
Yükleme durumu iki' de 250 ton yüzey normali yönünde yük uygulanmıştır. Analiz boyunca silindir ise 0'dan 2000'e kadar arttırılmıştır.



Şekil 4.12: Yükleme Durumu 2 (Yüzey Normali Yönünde)

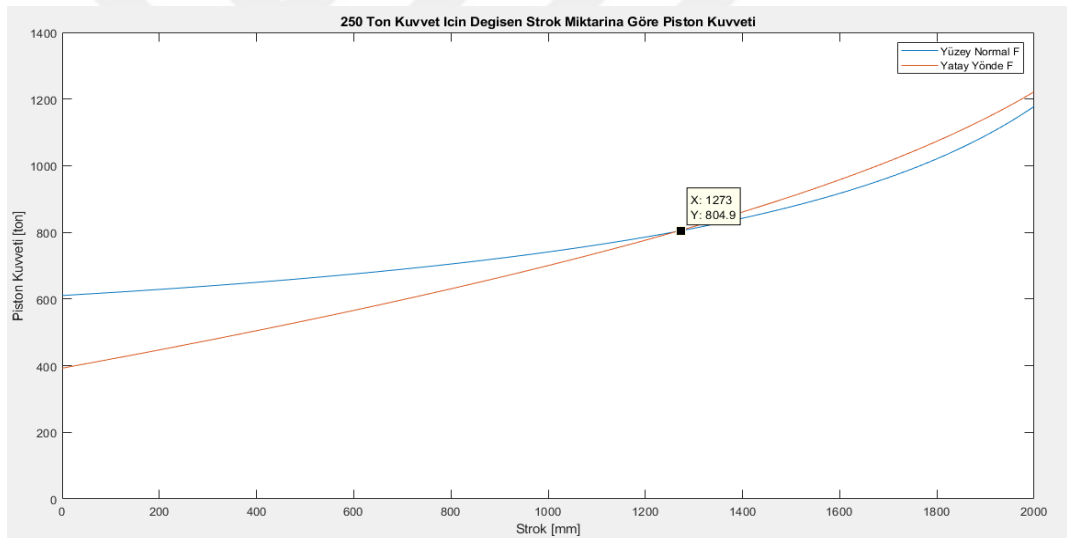
Yüzey normalinde uygulanan 250 ton kuvvetin stroğa bağlı silindir kuvvet grafiği ekteki gibidir. 250 tonluk tırnak kuvveti oluşturmak için maksimum strokta 1200 ton silindir kuvveti gerekmektedir. Minimum strokta ise 600 tonluk silindir kuvveti gerekmektedir.

### 4.1.1.2.3 Yükleme Durumu 3 (1200 mm Strok - Yük Arttırılmış)



Şekil 4.13: Yükleme Durumu 3 (1200 mm Strokta Yükü Arttırılmış)

Yükleme durumu 3'te 1200 mm strokta tırnak yükü arttırılarak uygulanmıştır. 1200 mm strokta silindir kuvvetine bağlı tırnakta oluşan kuvvet grafiği şekildeki gibidir. 300 tonluk silindir kuvvetinde 100 tonluk bir tırnak yükü oluşmaktadır.



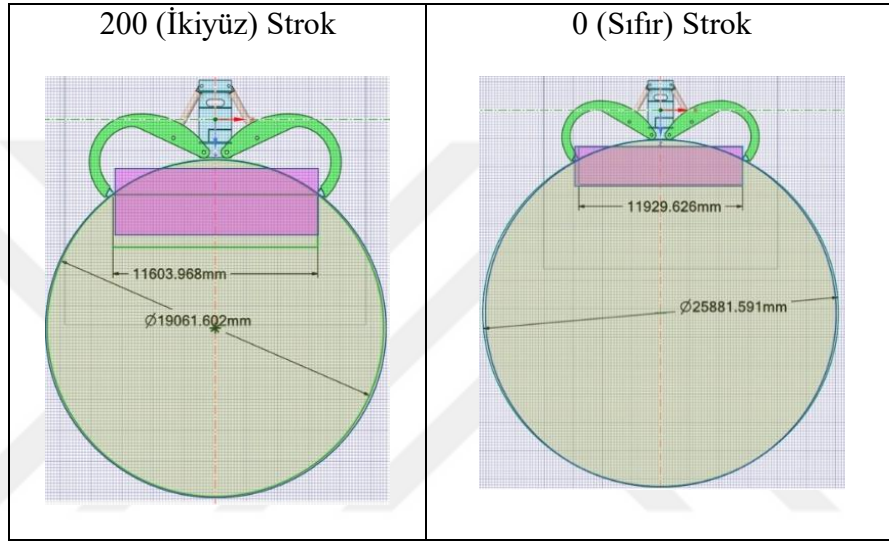
Şekil 4.14: Versiyon (V3) Kol Tasarımı Strok-Kuvvet Eğrisi

## 4.2. Kapma-Kurtarma Mekanizma Alternatif Geometrik Kurtarma Kapasiteleri

Serbest cisim diyagramı noktaları, versiyon iki'nin noktalarını belirlenmiş kuvvet diyagramına göre noktaların konumları aynı, ancak kol şekilleri farklı temsillerle çizilmiş V2' nin versiyonları oluşturulmuştur. Ayrıca, kurtarılacak ekipman büyüklükleri temsili olarak geometriksel şekillendirilmiş bu yaklaşım, mekanizmanın çeşitli versiyonlarının ve farklı enkaz boyutlarının görsel olarak temsil edilmesini sağlanması amaçlanmıştır.

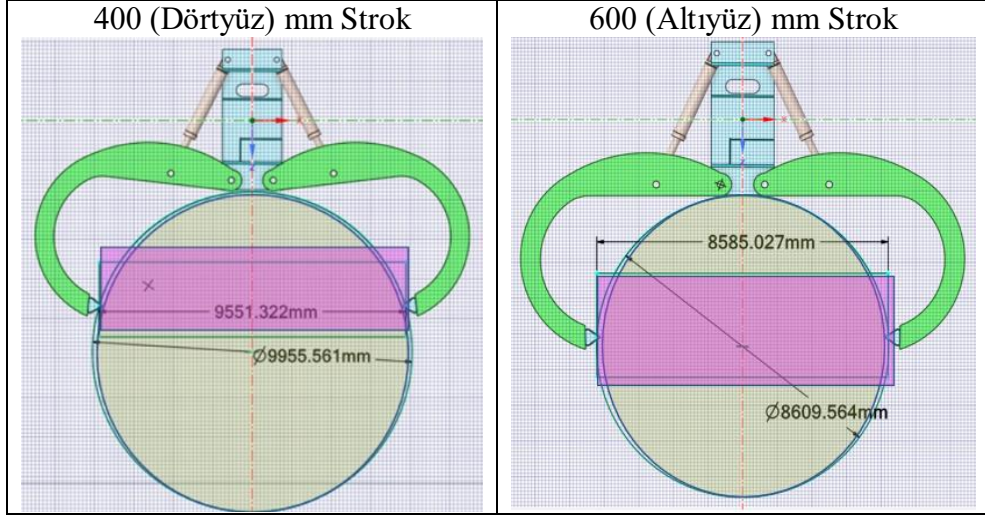
#### 4.2.1 Versiyon V2.1 Farklı Stoklara Ait Kol Kurtarma Kapasitesi

Görselde (Şekil 4.15) sıfır (0) milimetre stok ve ikiyüz (200) milimetre stok değerlerine ait temsili kurtarma kapasiteleri görülmektedir. İçinde bulunan daire; tırnaklara ve gövdeye temas edecek şekilde üç noktadan geçen çember çizilerek oluşturulmuştur. Düşey yükseklik oldukça küçük olduğundan; söz konusu olan stok için dairesel geometri şeklindeki yapıya kurtarma yapılamaz. Fakat yakalama işlemi yapabileceğinden dikdörtgen kesit de eklenmiştir. Altta şekilde verilen dairenin çapı 0 milimetre stok için 25.8 metre, 200 milimetre stok için 19 metredir.



**Şekil 4.15:** Sıfır (0) Stok ve İkiyüz (200) Stok Temsili Kapasite Gösterimi

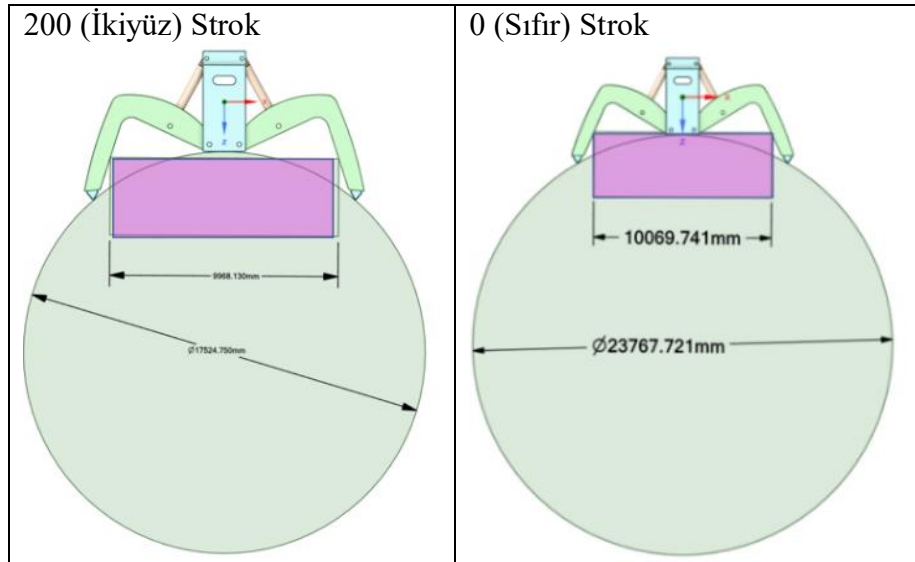
Görselde (Şekil 4.16), 400 milimetre stok ve 600 milimetre stok değerlerine ait temsili kurtarma kapasitesi görülmektedir. İçinde bulunan daire; tırnaklara ve gövdeye temas edecek şekilde üç noktadan geçen çember çizilerek oluşturulmuştur. Düşey yükseklik oldukça küçük olduğundan; söz konusu olan stok için dairesel geometri şeklindeki yapıya kurtarma yapılamaz. Fakat yakalama işlemi yapabileceğinden dikdörtgen kesit de eklenmiştir. Yanda şekilde verilen dairenin çapı 400 milimetre stok için 14.6 metre, 600 mm stok için 11.7 metredir.



**Şekil 4.16:** 400 Strok ve 600 mm Strok için Temsili Kapasite Gösterimi

#### 4.2.2 Versiyon V2.2 Farklı Stroklara Ait Kol Kurtarma Kapasitesi

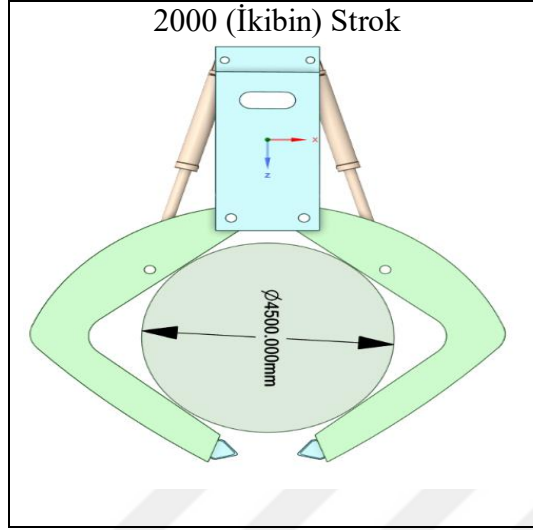
Görselde (Şekil 4.17), 0 milimetre strok ve 200 milimetre strok değerlerine ait temsili kurtarma kapasiteleri görülmektedir. İçinde bulunan daire; tırnaklara ve gövdeye temas edecek şekilde üç noktadan geçen çember çizilerek oluşturulmuştur. Düşey yükseklik oldukça küçük olduğundan; söz konusu olan strok için dairesel geometri şeklindeki yapıya kurtarma yapılamaz. Fakat yakalama işlemi yapabileceğinden dikdörtgen kesit de eklenmiştir. Altta şekilde verilen dairenin çapı 0 milimetre strok için 25.8 metre, 200 milimetre strok için 19 metredir.



**Şekil 4.17:** 200 ve 0 mm Strok Değerlerine Ait Temsili Kurtarma Kapasitesi

Görselde (Şekil 4.18), 2000 milimetre strok değerlerine ait temsili kurtarma kapasitesi görülmektedir. İçinde bulunan daire; kollara temas edecek şekilde üç noktadan geçen çember çizilerek oluşturulmuştur. Daire merkezi düşeyde

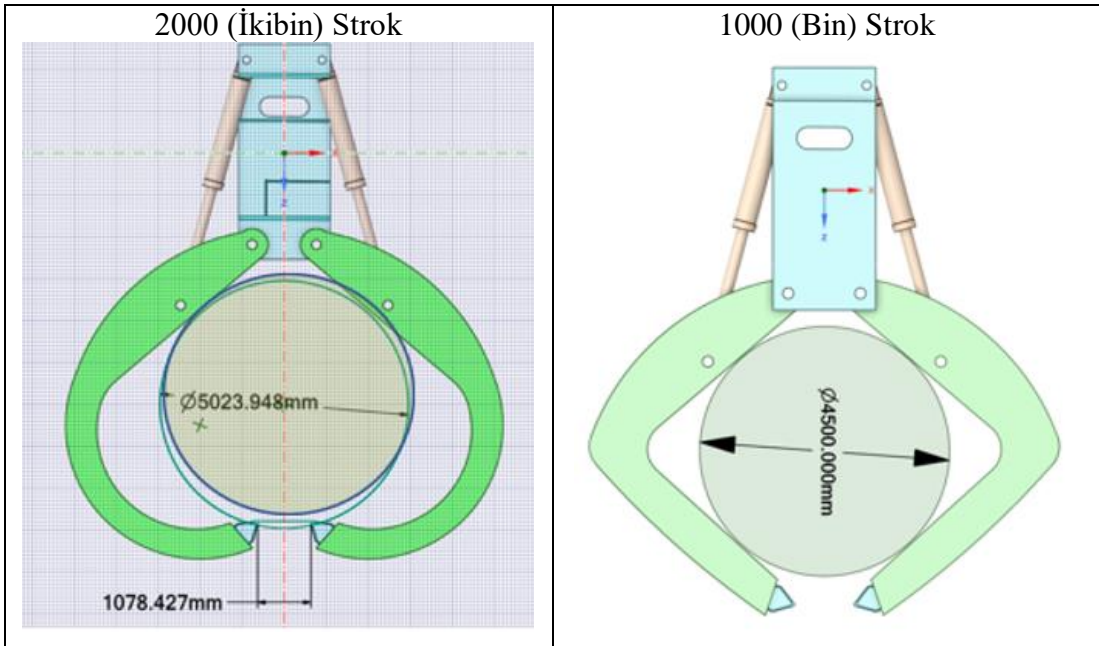
tırnaklardan yukarıdadır. Altta şekilde verilen dairenin çapı 2000 milimetre strok için 4.5 metredir.

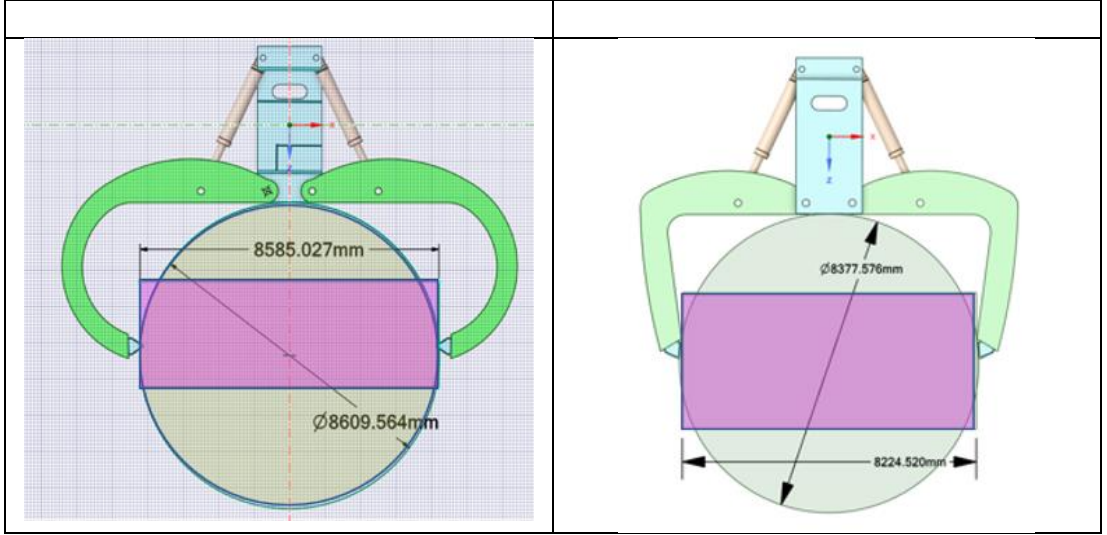


Şekil 4.18: 2000 mm Strok Değerlerine Ait Temsili Kurtarma Kapasitesi

#### 4.2.3 Versiyon V2.1- V2.2 Farklı Tırnak Açılıları Karşılaştırma

Versiyon V2.1, 1200 milimetre stroktan itibaren kurtarmaya uygundur fakat kurtarma operasyonunu sadece tırnaklar aracılığıyla sağlamaktadır. Bu yüzden verimli olmadığı değerlendirilmiştir. Düşük stroklarda V2.1 kurtarma yapması mümkün değildir. Versiyon V2.2, 1400 stroktan itibaren kurtarmaya uygun hale gelmiştir. Fakat düşük stroklarda kurtarma yapılması mümkün değildir. Yakalama işlemi için ise 2.1 tırnak açılarının farklı stroklarda yapılarda dik açığa yakın olacak şekilde denk gelmesi V2.2'ye göre iyi özelliklerindedir.

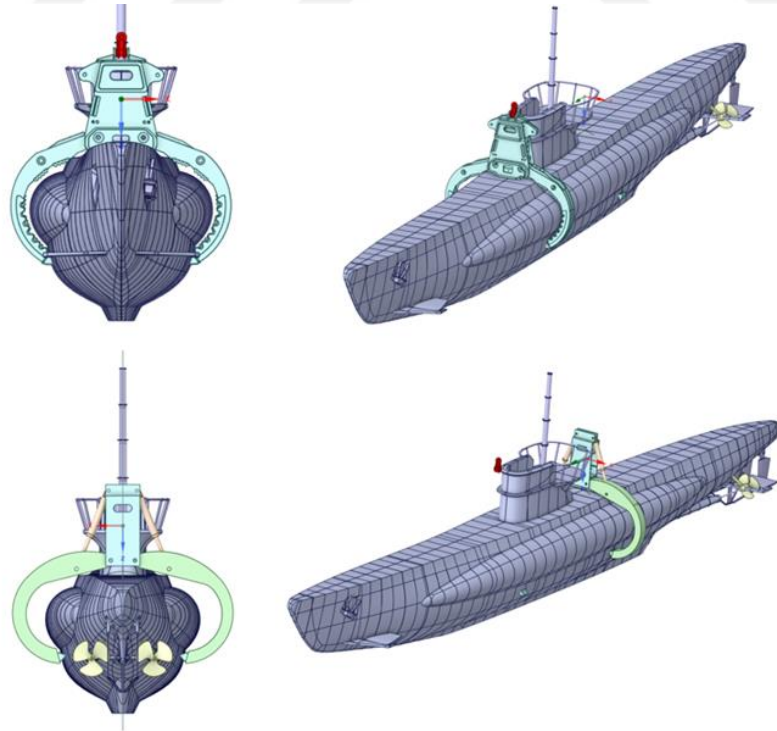




**Şekil 4.19:** Farklı Versiyonların Temsili Karşılaştırması

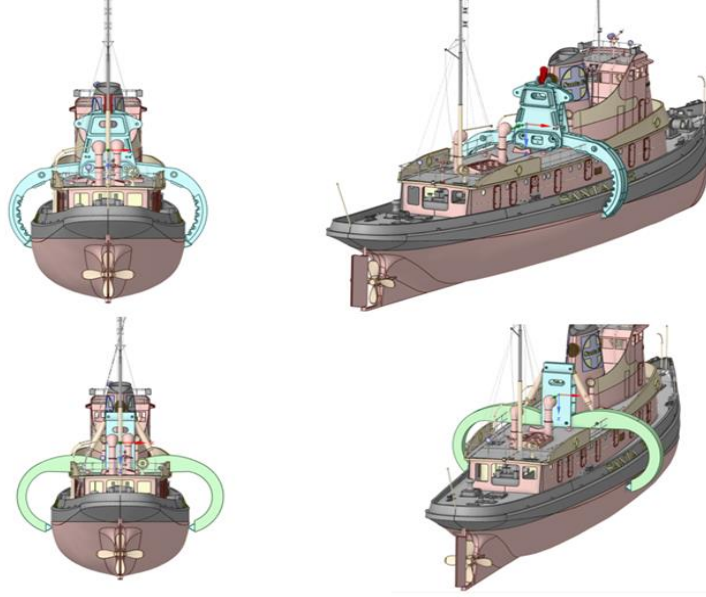
#### 4.2.4 Temsili Denizaltı Araçları Kurtarma Kol Yerleşim

Kurtarma çalışması kapsamında, sadece dairesel kesitli ürünleri düşünülmemelidir, farklı deniz taşıtları kurtarma durumu incelenmiştir. Görsellerde de ilk kol yapısı ile yeni model temsili denizaltı üzerine yerleştirilmiştir. Söz konusu temsili model; denizaltı özelliklerinden genişlik yönündeki değer 8.3 metre olacak şekilde ölçeklendirilmiştir. Ortalama denizaltının ölçüleri örnek olarak alınmıştır.

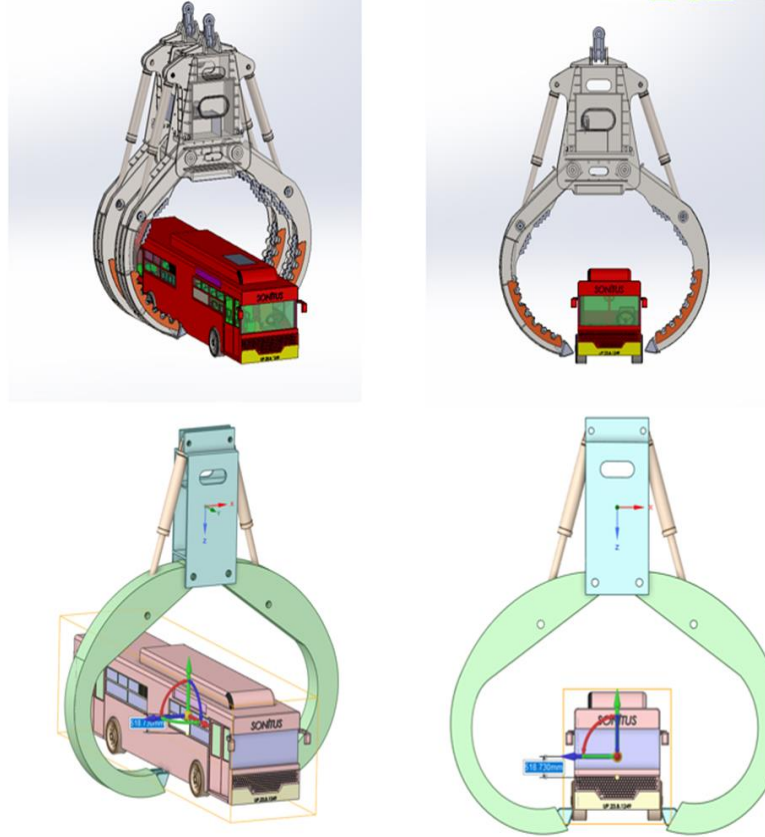


**Şekil 4.20:** Operasyonel Gösterimler (I)

Altındaki görselde ilk kol yapısı ile yeni model temsili tekne üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 4.21: Operasyonel Temsili Gösterimler (II)



Şekil 4.22: Operasyonel Temsili Gösterimler (III)

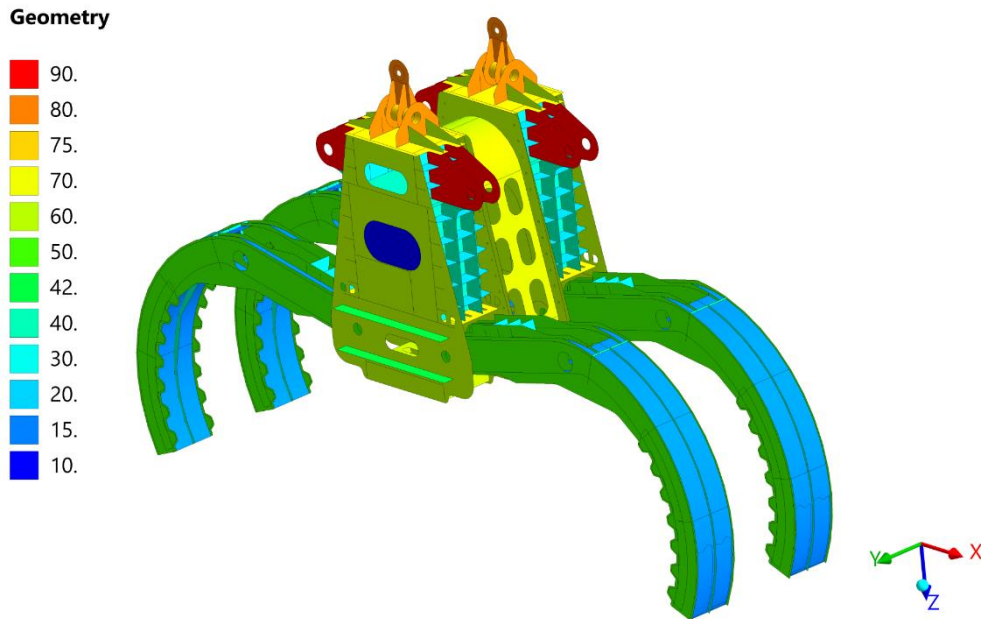
Şekil 4.22'deki görselde ilk kol yapısı temsili otobüs üzerine yerleştirilmiştir. Böylelikle versiyon ve tırnak yön açısı karşılaştırılması yapılmıştır.

### 4.3. Kapma- Kurtarma Mekanizması Statik Analizi (Seçilen- V3 Versiyonu)

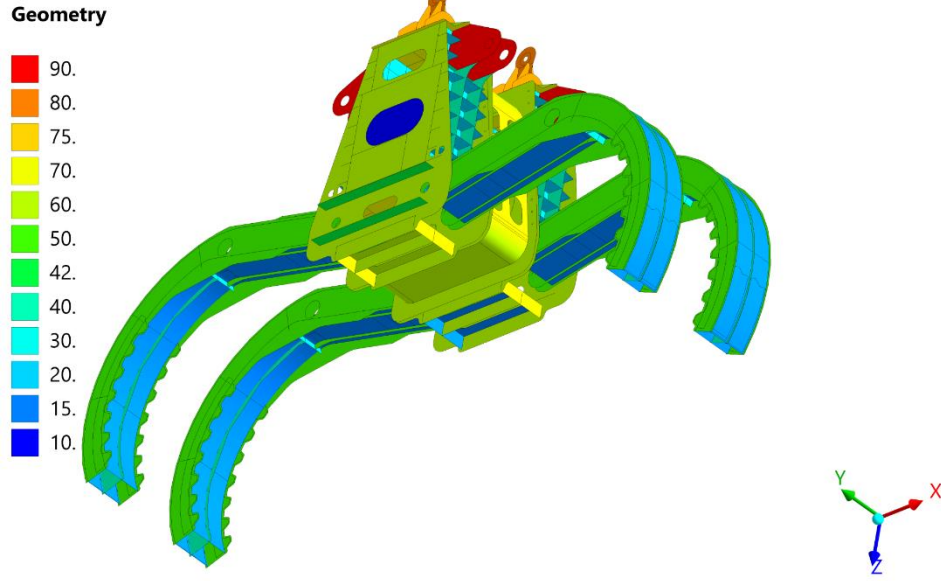
Kapma-kavrama mekanizmasının genel değerlendirmesi sonucunda, önceki incelemeler ve karşılaştırmalar neticesinde seçilen “Versiyon Üç” (V3) yapısı için üç farklı yükleme koşulunda statik analizler yapılmıştır. Bu yükleme durumları, iki farklı açıklıkta kapma ve kavrama durumlarını içermektedir.

- Yükleme durumu bir, kol açıklığının maksimum genişlikte olduğu durumu temsil eder ve bu durumda kapma gerçekleşmektedir.
- Yükleme durumu iki ise, kol açıklığının yarı genişlikte olduğu ve kapma işleminin gerçekleştiği bir durumu ifade eder.
- Yükleme durumu üç, kol açıklığının yarı genişlikte olduğu ve yakalama işleminin gerçekleştiği bir durumu temsil eder.

Kapma-kavrama mekanizması modeli için “Sonlu Elemanlar” (SE) modeline ait kalınlık dağılımı aşağıda sunulmuştur. Değerler, aksi belirtilmediği sürece milimetre cinsindedir. Bu dağılım, mekanizmanın yapısal analizi için kullanılan katı eleman modelinin kalınlık dağılımını gösterir.

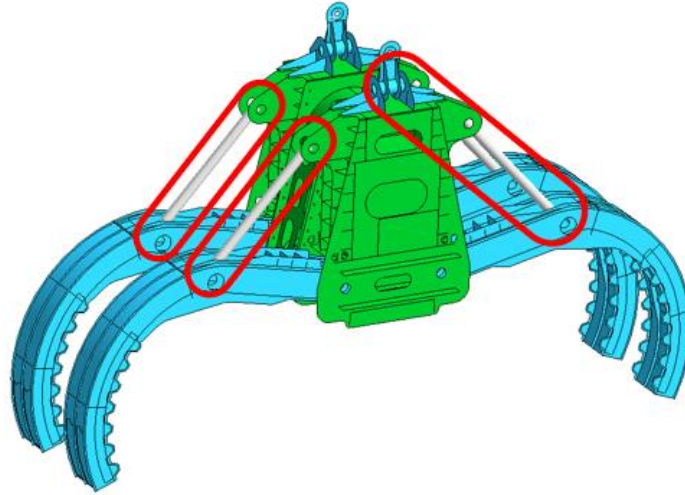


Şekil 4.23: Statik Analiz Modeli – Kalınlık Dağılımı I



**Şekil 4.24:** Statik Analiz Modeli – Kalınlık Dağılımı II

Kapma-kavrama mekanizmasının silindirlere sadeleştirilerek modellenmiştir. Bu yaklaşım, hesaplama verimliliğini artırırken aynı zamanda karmaşık geometrilerin yönetimini kolaylaştırır. Özellikle SE (Sonlu Elemanlar) analizlerinde, silindir bölgesinin sadeleştirilmesi, hesaplama yükünü azaltıp ve kaynak kullanımını optimize etmiştir.

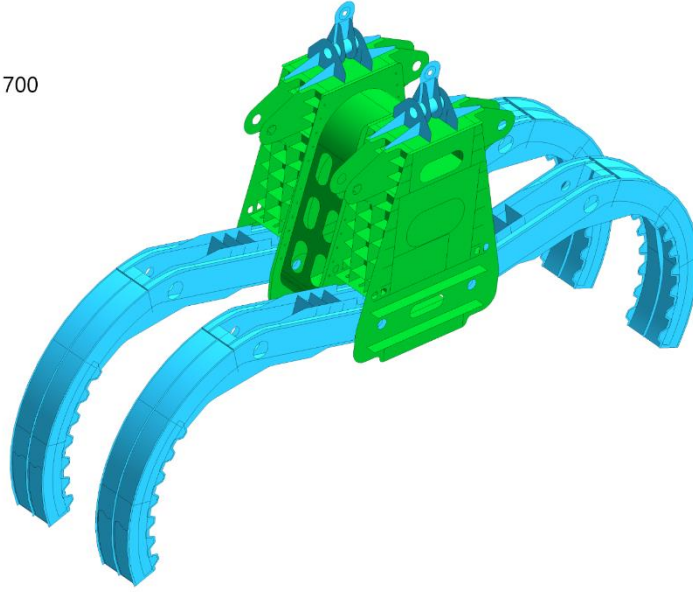


**Şekil 4.25:** Statik Analiz – Sadeleştirilmiş Model Gösterimi

S355'in akma dayanımı 355 MPa'dır, Strenx 700'ün ise akma dayanımı 700 MPa'dır.

#### Geometry

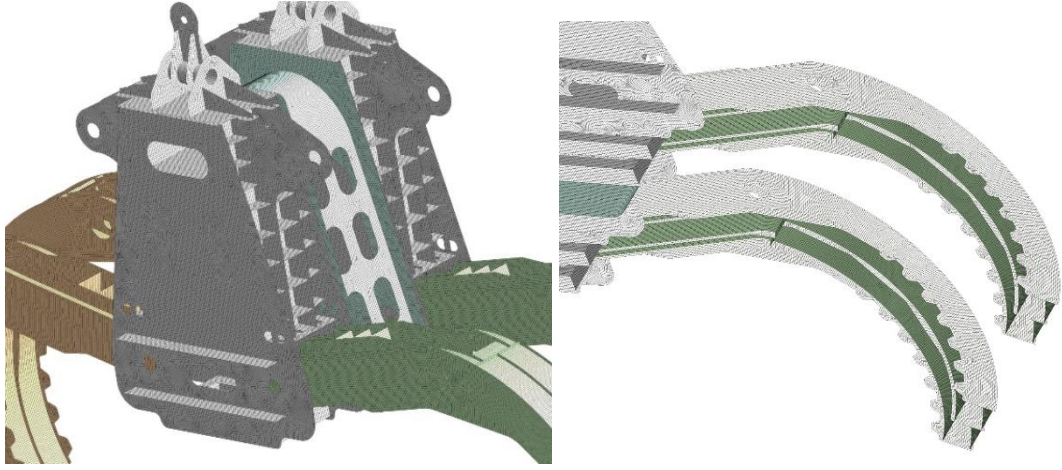
- S 355
- STRENX 700



**Şekil 4.26:** Statik Analiz – Malzeme Dağılımı Gösterimi

Analizlerde kullanılan ağ örgüsü (mesh), yapısal modelin geometrisini matematiksel olarak tanımlayan bir yapıdır. Bu ağ örgüsü, eleman adı verilen küçük parçalardan oluşur ve her eleman, yapısal ögenin geometrisini yaklaşık olarak temsil eder. Ağ örgüsü, yapısal öğelerin karmaşık geometrilerini basitleştirir ve analiz hesaplamalarının gerçekleştirilmesine olanak tanır. Eleman boyutları, modelin karmaşıklığına ve analiz doğruluğuna göre ayarlanır. Daha küçük elemanlar, daha hassas sonuçlar sağlar, bu doğrultuda kullanılan ağ örgüsü (mesh) Şekil 4.27’de gösterilmiştir.

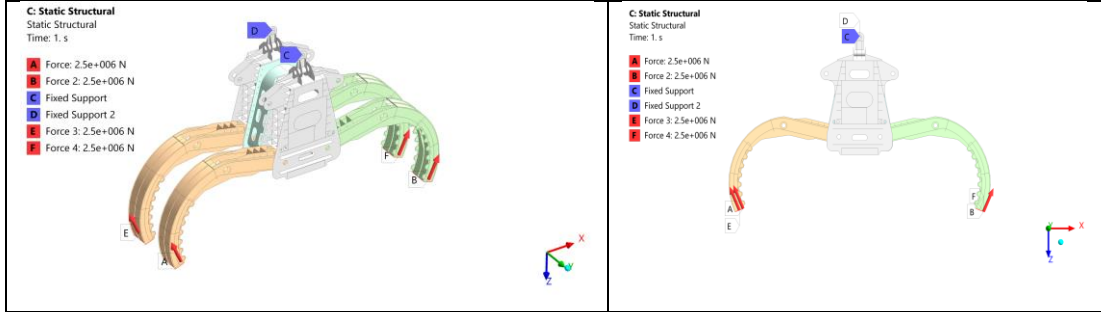




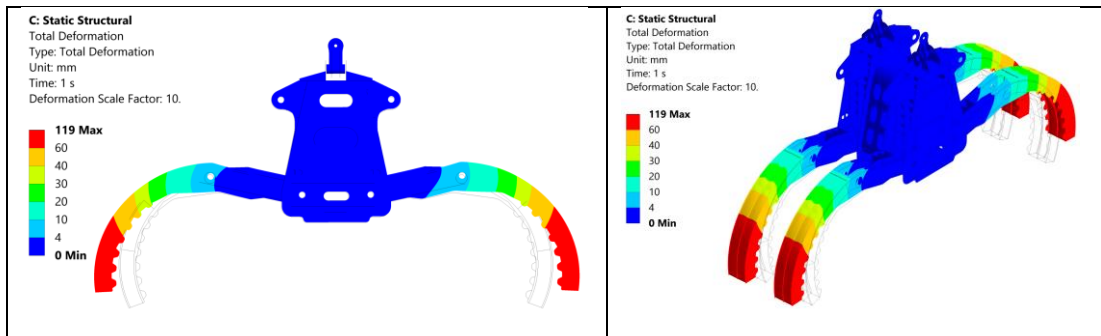
Şekil 4.27: Statik Analiz – Ağ Örgüsü (Mesh) Gösterimi

### 4.3.1 Yükleme Durumu- 1

Yükleme durumu 1'de silindir stroğu minimum olduğu (kapalı) durumda kolların ucundaki her bir tırnak bölgesine 250 ton kapma kuvveti uygulanmıştır. Kapma yükü; kolun uç bölgesinden ve kolun temas ettiği yüzeyin normali doğrultusunda uygulanmıştır. Mekanizma yapısının üst bölgesindeki mapaya sınır koşulu uygulanmıştır.

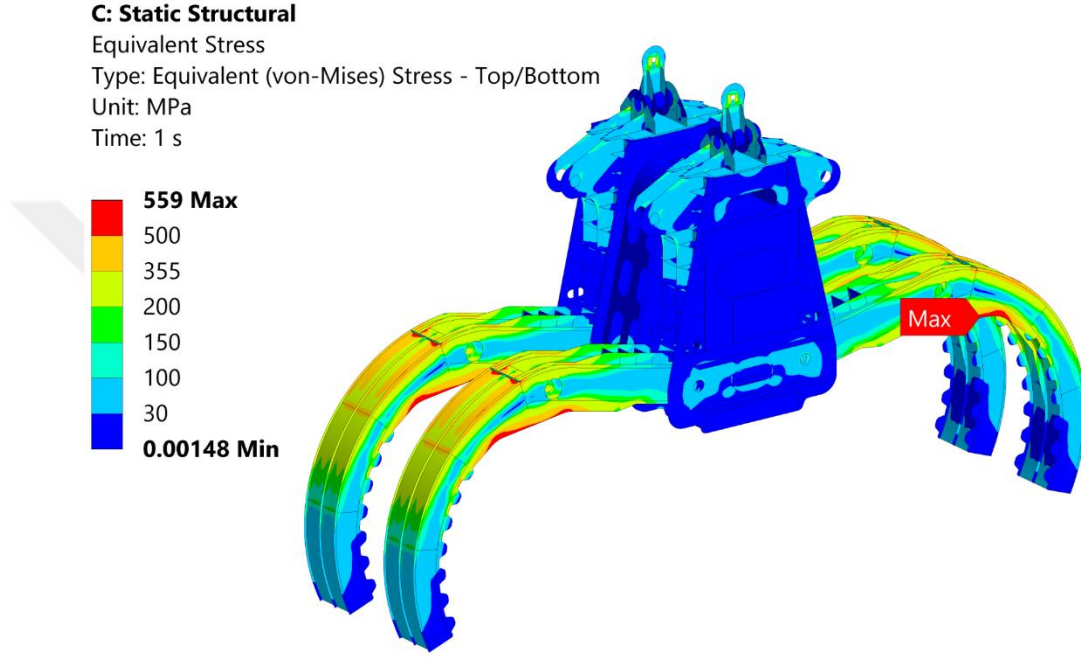


Şekil 4.28: Statik Analiz – Yükleme Durumu 1



Şekil 4. 29: Yükleme Durumu 1- Yer değiştirme Sonuçları

Analizler sonucunda, kapma-kavrama mekanizması modelinde 119 mm'lik bir yer değişimi tespit edilmiştir. Görsellerdeki yer değişimi sonuçları, daha iyi anlaşılabilmesi için 10 kat abartılmış şekilde sunulmuştur. Siyah renkli çizgiler, mekanizmanın deforme olmamış ilk durumunu temsil etmektedir. Bu sonuçlar, mekanizmanın belirli yükleme koşullarına maruz kaldığında nasıl davrandığını anlamak için yapılan analizlerin gösterimidir. Sonuç olarak maksimum 559 MPa gerilme meydana gelmiştir.



**Şekil 4.30:** Yükleme Durumu 1- Eşdeğer Gerilme Sonuçları

Strenx 700 malzeme özelliklerine sahip bölgede gerilme dağılımı incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, Strenx 700 malzeme bölgesindeki maksimum gerilmenin 559 MPa olduğu belirlenmiştir. Bu değer, malzemenin akma değerinin (700 MPa) altındadır. Sonuç olarak, Strenx 700 malzeme yapısındaki bölgelerde kalıcı deformasyon beklenmemesi gerektiğini ve yapısal bütünlüğün yeterli mukavemete sahip olduğunu göstermektedir.

Sunulan gerilme dağılımı analizi, S355 malzeme özelliklerine sahip bir bölgede yapılmıştır. Bu inceleme sonucunda, S355 malzeme bölgesindeki maksimum gerilmenin 191 MPa olduğu tespit edilmiştir. Bu değer, malzemenin akma değerinin (355 MPa) altındadır. Dolayısıyla, S355 malzeme yapısındaki bölgelerde kalıcı deformasyon beklenmemekte ve yapısal bütünlüğün yeterli mukavemete sahip olduğu sonucuna varılmaktadır.

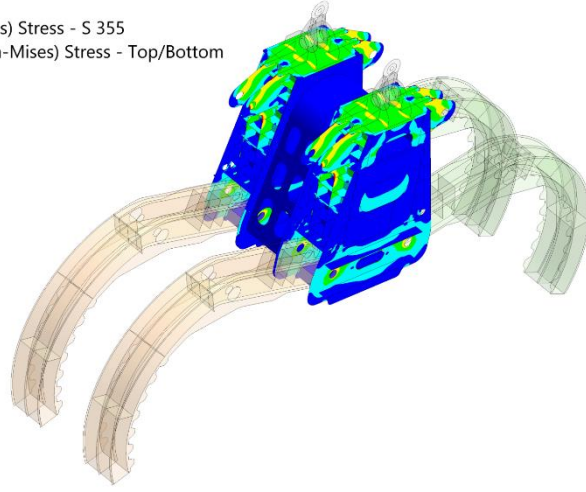
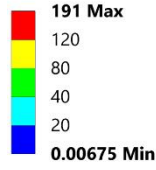
### C: Static Structural

Equivalent (von-Mises) Stress - S 355

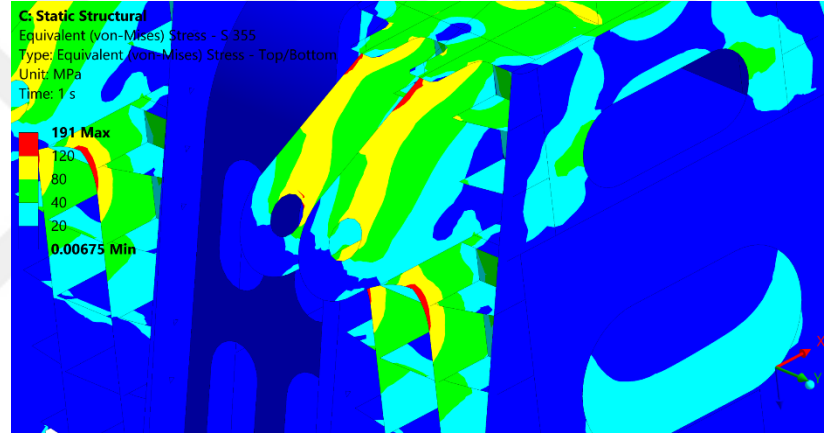
Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 s



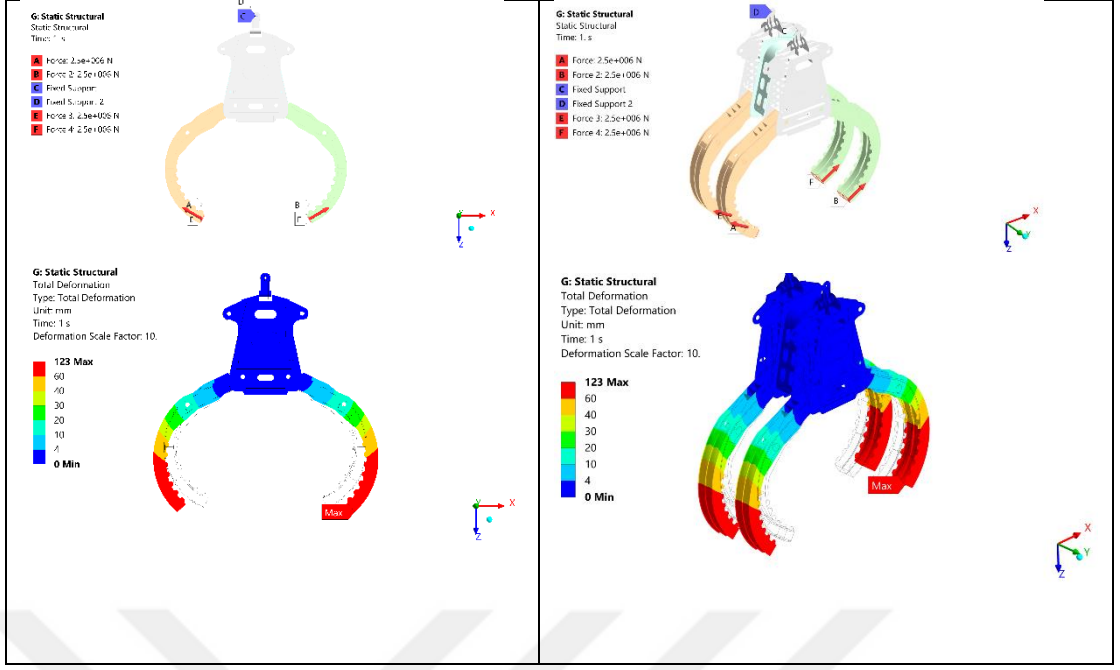
Şekil 4.31: S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı



Şekil 4.32: S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı (Detay Görünüm)

### 4.3.2 Yükleme Durumu- 2

Yükleme durumu 2’de, kolların yarı açık konumda olduğu ve kolların ucundaki her bir tırnak bölgesine 250 tonluk bir kapma kuvveti uygulanmıştır. Sıkıştırma yükü, kolun uç bölgesinden başlayarak kolun temas ettiği yüzeyin normali doğrultusunda uygulanmıştır. Ayrıca, mekanizmanın üst bölgesindeki yapıya bir sınır koşulu uygulanmıştır. Bu durum, mekanizmanın belirli bir yükleme durumunda nasıl davrandığını analiz etmek için yapılmıştır.



**Şekil 4.33: Yükleme Durumu 2- Yer Değiştirme Sonuçları**

Analizler sonucunda elde edilen deformasyon sonuçları görsellerle sunulmuştur. Mekanizma modelindeki deformasyon miktarının 123 mm olduğu tespit edilmiştir. Görsellerdeki deformasyon sonuçları, gerçek değerlerin 10 katı abartılarak sunulmuştur. Siyah renkteki çizgiler, mekanizmanın deforme olmamış ilk durumunu temsil etmektedir. Bu sonuçlar, mekanizmanın belirli bir yükleme durumunda nasıl deforme olduğunu ve yapısal davranışını görsel olarak göstermektedir. Gerçekleştirilen analiz neticesinde mekanizma yapısında maksimum 558 MPa gerilme meydana gelmektedir.

#### G: Static Structural

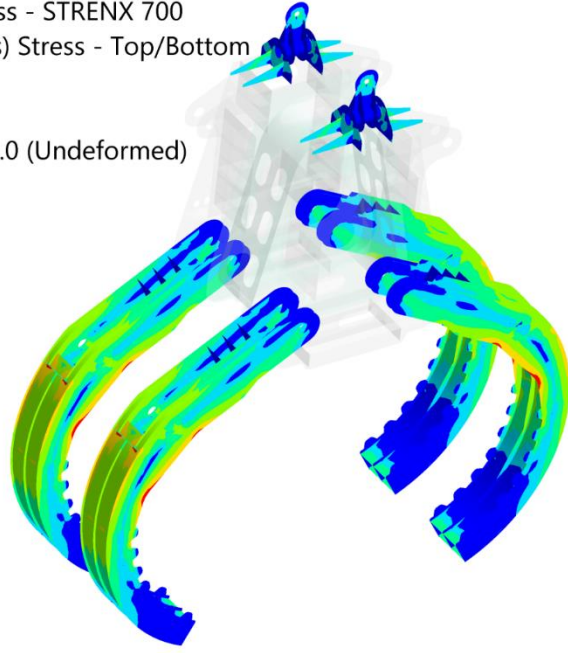
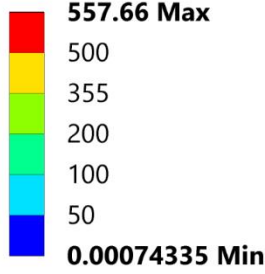
Equivalent (von-Mises) Stress - STRENX 700

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 s

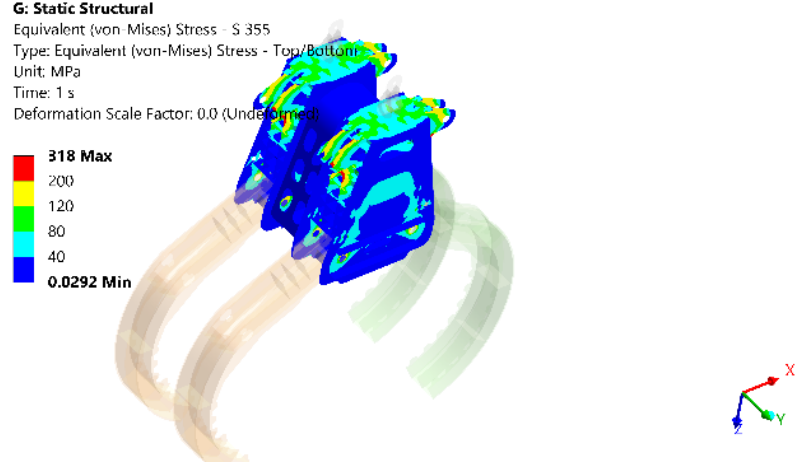
Deformation Scale Factor: 0.0 (Undeformed)



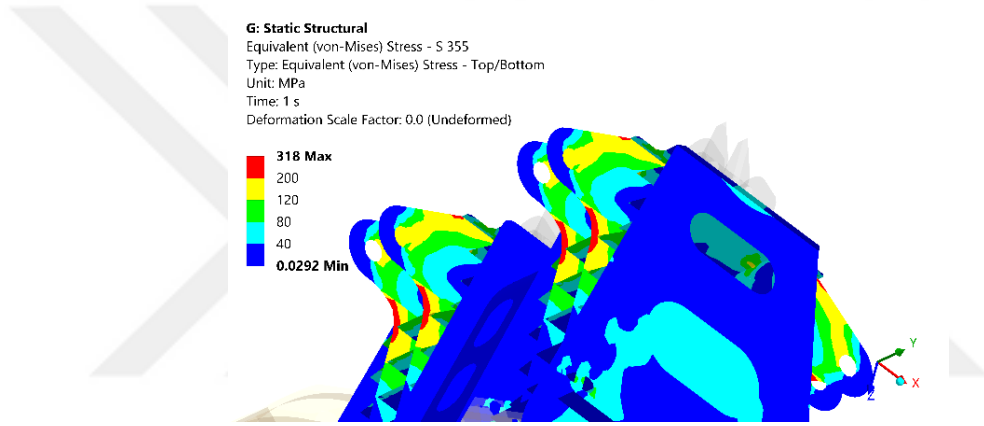
Şekil 4.34: Yükleme Durumu 2- Eşdeğer Gerilme Sonuçları

Strenx 700 malzeme özelliklerine sahip bölgede gerilme dağılımı incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, Strenx 700 malzeme bölgesindeki maksimum gerilmenin 558 MPa olduğu belirlenmiştir. Bu değer, malzemenin akma değerinin (700 MPa) altındadır. Sonuç olarak, Strenx 700 malzeme yapısındaki bölgelerde kalıcı deformasyon beklenmemesi gerektiğini ve yapısal bütünlüğün yeterli mukavemete sahip olduğunu göstermektedir.

Gerilme dağılımı analizi, S355 malzeme özelliklerine sahip bir bölgede yapılmıştır. Bu inceleme sonucunda, S355 malzeme bölgesindeki maksimum gerilmenin 318 MPa olduğu tespit edilmiştir. Bu değer, malzemenin akma değerinin (355 MPa) altındadır. Dolayısıyla, S355 malzeme yapısındaki bölgelerde kalıcı deformasyon beklenmemekte ve yapısal bütünlüğün yeterli mukavemete sahip olduğu sonucuna varılmaktadır.



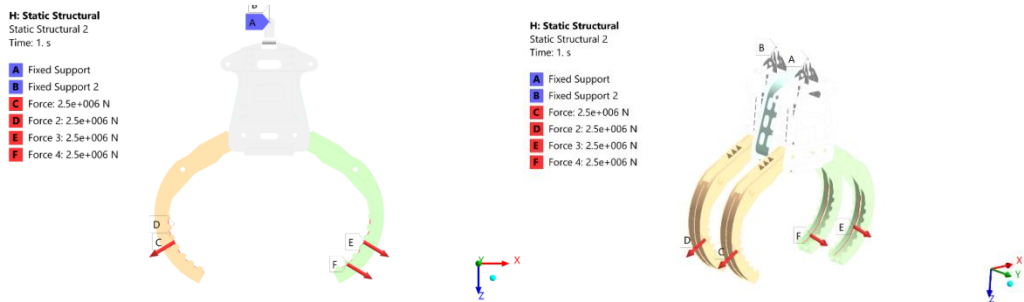
**Şekil 4.35:** S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı

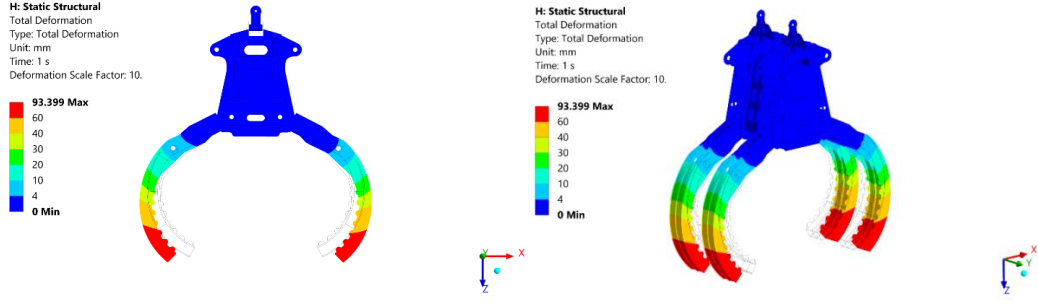


**Şekil 4.36:** S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı (Detay Görünüm)

### 4.3.3 Yükleme Durumu- 3

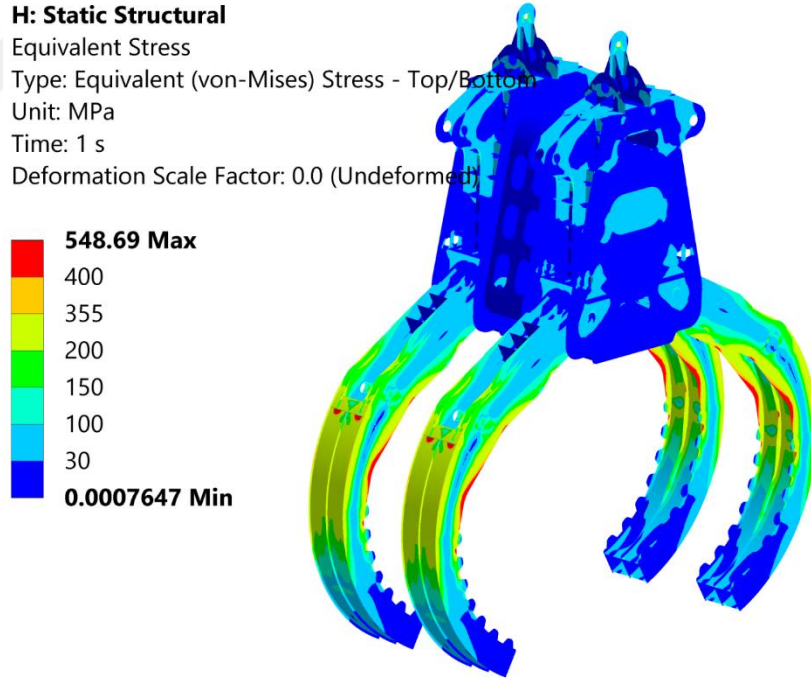
Yükleme durumu 3'de, kolların yarı açık konumda olduğu ve kolların iç kısmına her bir kol bölgesine 250 tonluk bir kapma kuvveti uygulanmıştır. Sıkıştırma yükü, kolların iç bölgesindeki tırnak bölgesine ve kolun temas ettiği yüzeyin normali doğrultusunda uygulanmıştır. Ayrıca, mekanizmanın üst bölgesindeki yapıya bir sınır koşulu uygulanmıştır.





**Şekil 4.37:** Yükleme Durumu 3- Yer değıştirme Sonuçları

Analizler sonucunda elde edilen deformasyon sonuçları görsellerle sunulmuştur. Mekanizma modelindeki deformasyon miktarının 94 mm olduğu tespit edilmiştir. Görsellerdeki deformasyon sonuçları, gerçek değerlerin 10 katı abartılarak sunulmuştur. Siyah renkteki çizgiler, mekanizma deforme olmamış ilk durumunu temsil etmektedir. Bu sonuçlar, mekanizmanın belirli bir yükleme durumunda nasıl deforme olduğunu ve yapısal davranışını görsel olarak göstermektedir. Gerçekleştirilen analiz neticesinde mekanizma yapısında maksimum 549 MPa gerilme meydana gelmektedir.



**Şekil 4.38:** Yükleme Durumu 3- Eşdeğer Gerilme Sonuçları

#### H: Static Structural

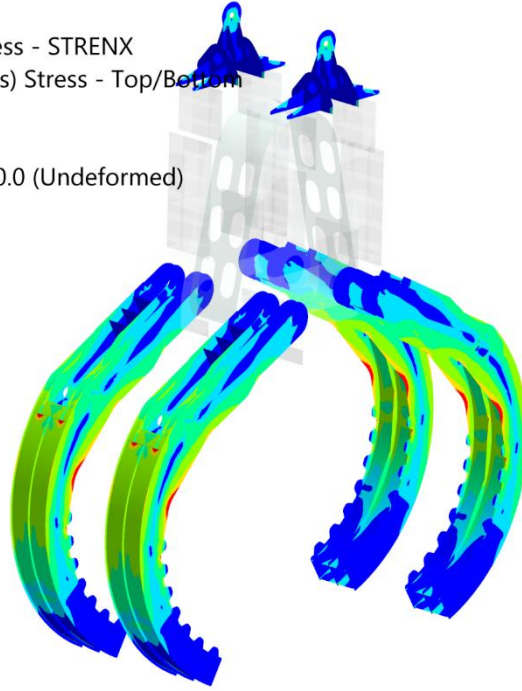
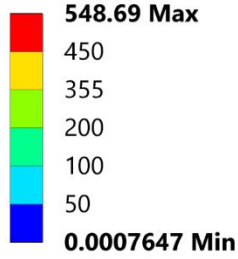
Equivalent (von-Mises) Stress - STRENX

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 s

Deformation Scale Factor: 0.0 (Undeformed)



**Şekil 4.39:** Strenx 700 Malzeme- Eşdeğer Gerilme Sonuçları

Strenx 700 malzeme özelliklerine sahip bölgede gerilme dağılımı incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, Strenx 700 malzeme bölgesindeki maksimum gerilmenin 549 MPa olduğu belirlenmiştir. Bu değer, malzemenin akma değerinin (700 MPa) altındadır. Sonuç olarak, Strenx 700 malzeme yapısındaki bölgelerde kalıcı deformasyon beklenmemesi gerektiğini ve yapısal bütünlüğün yeterli mukavemete sahip olduğunu göstermektedir.

#### H: Static Structural

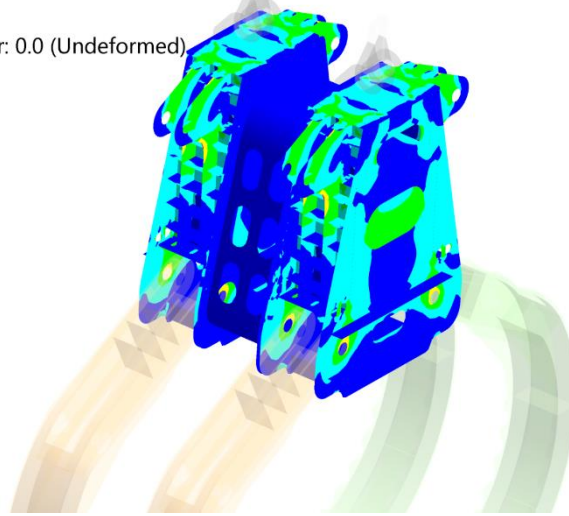
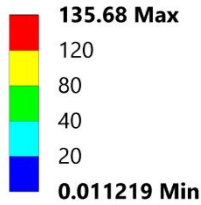
Equivalent (von-Mises) Stress - S 355

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

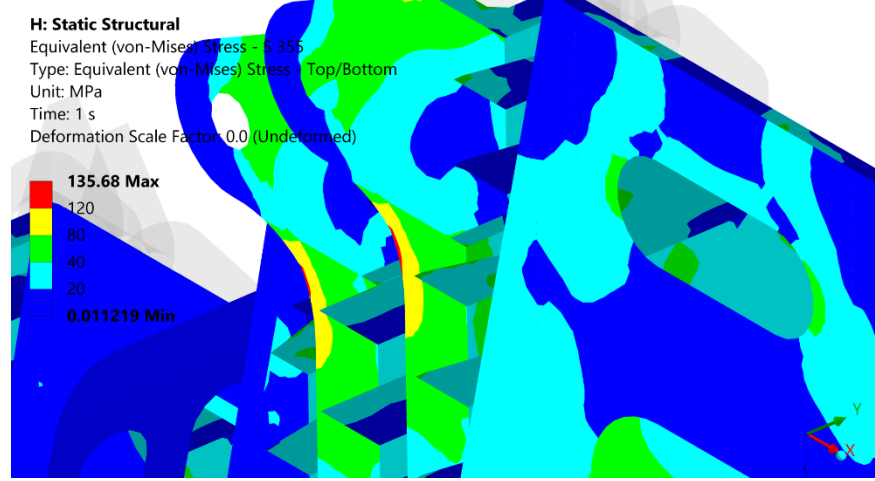
Unit: MPa

Time: 1 s

Deformation Scale Factor: 0.0 (Undeformed)



**Şekil 4.40:** S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı



**Şekil 4.41:** S355 Malzeme-Eşdeğer Gerilme Dağılımı (Detay Görünüm)

Gerilme dağılımı analizi, S355 malzeme özelliklerine sahip bir bölgede yapılmıştır. Bu inceleme sonucunda, S355 malzeme bölgesindeki maksimum gerilmenin 136 MPa olduğu tespit edilmiştir. Bu değer, malzemenin akma değerinin (355 MPa) altındadır. Dolayısıyla, S355 malzeme yapısındaki bölgelerde kalıcı deformasyon beklenmemekte ve yapısal bütünlüğün yeterli mukavemete sahip olduğu sonucuna varılmaktadır. Sonuç olarak, gerçekleştirilen analizler sonucunda kapma-kurtarma mekanizmasının üç farklı yükleme durumunda kapma ve kavrama operasyonları için farklı kol açıklıkları altında yapısal dayanımları incelenmiştir. Şekil 4.72’de özet sonuç karşılaştırma tablosu sunulmuştur. Yükleme Durumu-1 ve Yükleme Durumu-2 arasındaki kapma durumları karşılaştırıldığında, ST52 malzeme yapısındaki gövde bölgesine daha yüksek yük uygulandığı ve mapa bölgesinde daha yüksek mertebede gerilme oluştuğu gözlemlenmiştir. Her iki durumda da malzemenin kalıcı deformasyona uğramadığı ve gövde bölgesinin yeterli dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir. Yükleme Durumu-1 ve Yükleme Durumu-2 arasındaki kapma durumlarına bakıldığında, STRENX700 malzeme yapısındaki kol bölgesinde benzer gerilme dağılımı olduğu gözlemlenmiştir. Her iki durumda da malzemenin kalıcı deformasyona uğramadığı ve gövde bölgesinin yeterli dayanıma sahip olduğu tespit edilmiştir. Yükleme Durumu-2 ve Yükleme Durumu-3 arasındaki analizler, aynı kol açıklıklarında kapma ve yakalama operasyonları için yapılmıştır. Bu durumlar karşılaştırıldığında, Yükleme Durumu-3’te daha düşük deformasyon meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, Yükleme Durumu-3’te yük uygulama bölgesinin dönme noktalarına daha yakın olması ve dolayısıyla kolda oluşan momentin daha düşük olmasıdır. Yükleme Durumu-3’te gövde bölgesinde

daha düşük gerilme meydana geldiği gözlemlenmiştir. Sonuçlar, yapısal dayanımın değerlendirilmesi açısından önemlidir ve mekanizmanın güvenilirliğini sağlamak için dikkate alınmıştır.

	Toplam Deformasyon (mm)	Eşdeğer Gerilme (MPa)			Akma Gerilmesi (MPa)	
		Tüm Model	Strenx700	St52	Strenx700	St355
Yükleme Durumu -1	119	559	559	191	700	355
Yükleme Durumu -2	123	558	558	318		
Yükleme Durumu -3	94	549	549	136		

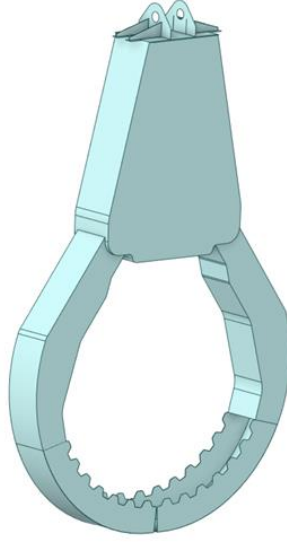
Şekil 4.42: Statik Analiz Değerlendirme Tablosu

## **5. KAPMA KURTARMA MEKANİZMASININ SU ALTINDAKİ HIZLARI, SUYUN İTME KUVVETİ HAD ANALİZLERİ**

Mekanizmanın su altındaki hızları ve suyun itme kuvvetiyle ilgili doğrulamalar ve analiz başlangıçları tamamlandıktan sonra, HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) analizleri başlangıçları gerçekleştirilmiştir. HAD analizi, bir bilgisayar modeli aracılığıyla akışkanların hareketini simüle ederek, karmaşık akışkan akışlarını ve etkileşimlerini inceleyen bir yöntemdir. Bu analizler, mekanizmanın su altında nasıl davrandığını ve suyun etkisi altında nasıl hareket ettiğini daha detaylı bir şekilde anlamamıza olanak tanır. HAD analizleri, mekanizmanın geometrisini ve akışkanın karakteristik özelliklerini temel alarak bilgisayar simülasyonları kullanır. Örneğin, mekanizmanın şekli, boyutu, malzemesi ve suyun yoğunluğu gibi faktörler hesaba katılır. Bu simülasyonlar, akışkanın mekanizma üzerindeki etkilerini, basınç dağılımını, hız profillerini ve kuvvetleri çözebilir. Sonuçlar, mekanizmanın su altındaki performansını değerlendirmek ve tasarımın iyileştirilmesi için rehberlik sağlamak amacıyla kullanılır. HAD analizleri, mekanizmanın hidrodinamik davranışını anlamak için önemli bir araç sağlar ve tasarım sürecinin kritik bir parçasını oluşturmaktadır.

### **5.1 Kapma Kurtarma Mekanizması Geometrik Model**

Kapma kurtarma mekanizması modeli HAD analizi için basitleştirilerek aşağıdaki gibi oluşturulmuştur. Geometrik model ölçeklendirilmeden tam boyda oluşturulmuş ve analiz edilmiştir.



**Şekil 5.1:** Basitleştirilmiş Mekanizma Modeli

## 5.2 Sayısal Analiz Modeli

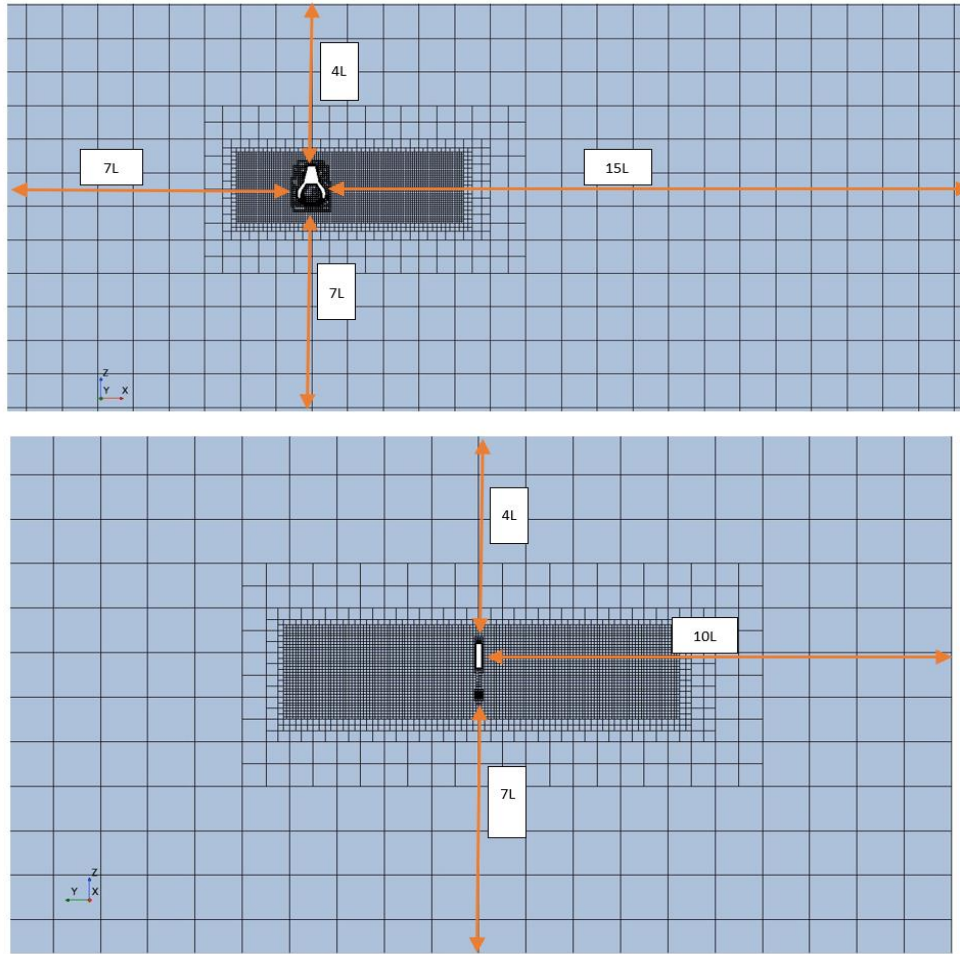
Navier-Stokes denklem takımları, Ortalama Reynolds Metodu (RANS) ile ayrıklaştırılmış ve probleme göre zaman teriminden bağımsız olarak çözülmüştür. Düşük Mach sayılarında ( $Ma < 0.3$ ) çözümler alındığı için kullanılan akışkanın sıkıştırılmaz olarak kabul edilmiş ve dolayısıyla basınç tabanlı çözücü ile kullanılmıştır. Hız ve basınç denklemlerinde arasındaki bilgi iletimi için SIMPLE ayrık modeli kullanılmıştır. Yürütülen çalışma kapsamında; çözüm bölgesindeki türbülans parametreleri, duvara yakın yerlerde daha doğru sonuçlar sunmasından dolayı SST  $k-\omega$  türbülans modeli kullanılarak çözülmüştür. Hız vektörleri, türbülans kinetik enerji ( $k$ ) ve disipasyon ( $\omega$ ) terimlerinin ayrıklaştırmasında ikinci dereceden şemalar (Second Order Upwind) kullanılmıştır. Kondisyon-1 için yapılan analizlerde serbest yüzey etkisi hesaplara dahil edilmiştir. Hava ve suyun beraber çözüldüğü serbest yüzey analizlerinde; hava-su arasındaki katmanın nümerik çözümü akışkan hacim yöntemi (VOF) ile gerçekleştirilmiştir. Mekanizmanın suya girişi/ arayüzeyi hattını yüksek doğrulukta yakalamak için kullanılan, standart ikinci dereceden şemalar yetersiz kaldığından, yüksek doğruluklu HRIC (ing. High-Resolution Interface-Capturing Scheme) şemasının kullanımı tercih edilmiştir. Direnç analizleri kapma kurtarma mekanizmasının tam ölçeğinde (full scale) gerçekleştirilmiş ve akış koşulları buna uygun olarak sunulmuştur. Mekanizmanın serbest düşüş için analizler sakin suda yapılmış olup, dalıp-çıkma yönünde hareketler serbest bırakılmıştır, diğer yönlerdeki hareketler kısıtlanarak sabitlenmiştir. Analizlerde yüzey pürüzlülüğü

dikkate alınmamış ve pürüzsüz duvar varsayımı yapılmıştır. Analizlerde kullanılan su ve havanın termodinamik özellikleri ise aşağıda sunulmuştur. Kondisyon-1’de hava ve su kullanılırken diğer kondisyonlarda sadece su kullanılmıştır.

**Çizelge 5.1:** Su ve Havanın Termodinamik Özellikleri

Açıklama	Su	Hava
Yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ )	997.561	1.18415
Dinamik Viskozite ( $\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$ )	8.8871E-4	1.855E-5

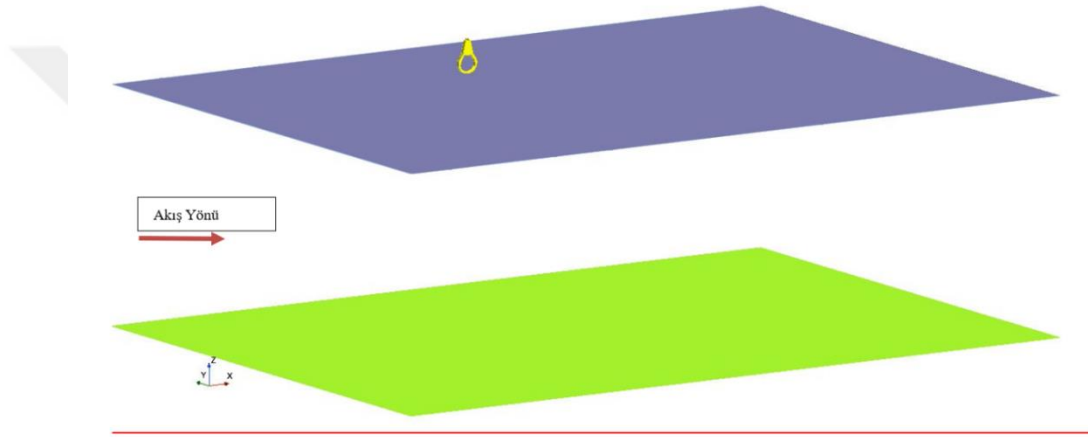
Hesaplama bölgesi boyutları, giriş sınırına 7L (L, Mekanizma yüksekliği), çıkış sınır bölgesine kadar 15L, alt, üst ve yan sınır bölgelerine kadar sırasıyla 7L, 4L, 10L olacak şekilde seçilmiştir. Giriş yüzeyindeki sınırında da hız girişi (velocity inlet), çıkış sınır yüzeyi basınç çıkışında (pressure outlet), diğer bölgelerde ise (alt, üst ve yan bölgeler) simetri sınır koşulu seçilirken, katı mekanizma yüzeyine ise kaymayan duvar (non-slip wall) sınır şartı uygulanmıştır.



**Şekil 5.2:** HAD Hesaplama Bölgesi Boyutları

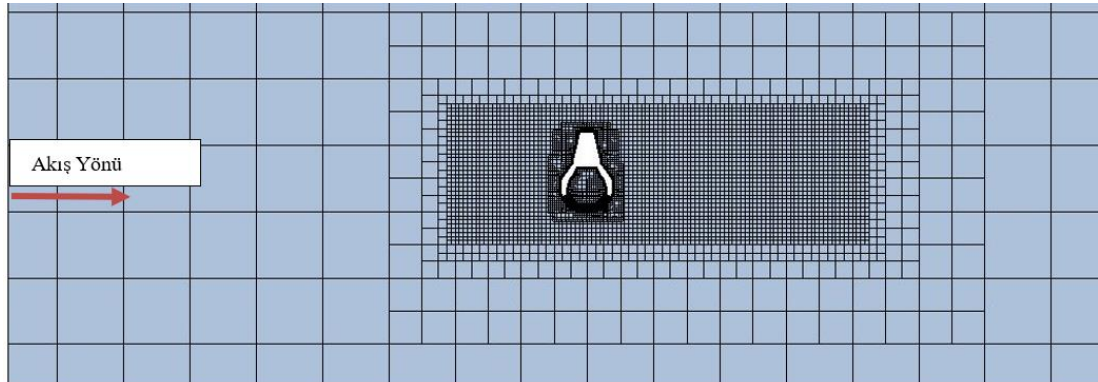
Kapma-kurtarma mekanizması sistemi, özellikle Marmara Denizi'nde çalışacağı düşünülerek, bölgedeki dalga, rüzgar ve akıntı hızlarını dikkate alarak akış koşulları oluşturulmuştur. Mekanizma modelinin bağlı olduğu geminin Deniz Durumu-2'de (Sea State) çalışacağı varsayımdan yola çıkarak serbest yüzeye yakın akıntı hızı maksimum olarak 3 knot alınmıştır. HAD direnç analizleri kapma kurtama mekanizmasının konumuna göre üç (3) farklı kondisyonda gerçekleştirilmiştir.

- a) **Kondisyon-1:** Bu kondisyonda analiz, serbest su yüzeyin etkisinin dahil edildiği, kapma kurtarma mekanizmasının yavaş hızda deniz dibine indirilmesi senaryosunu temsil için oluşturulmuştur.



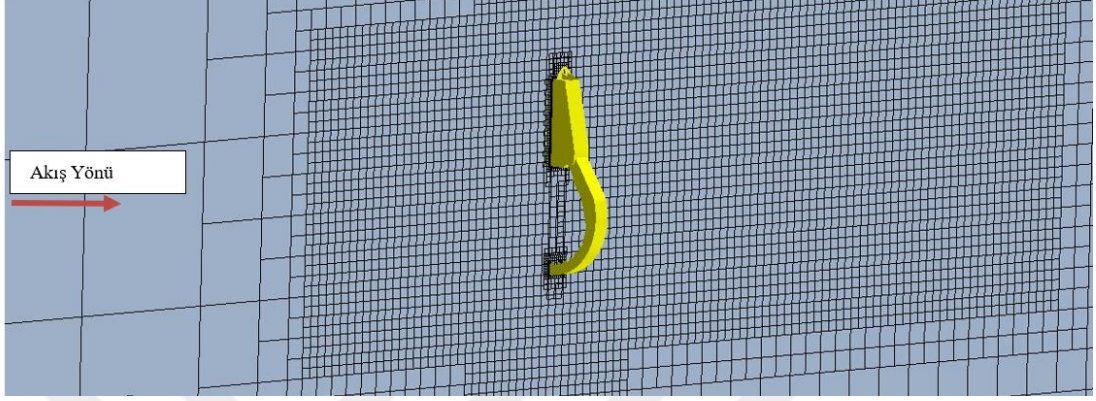
Şekil 5.3: Kondisyon-1

- b) **Kondisyon-2:** Bu kondisyonda analize serbest su yüzeyin etkisinin dahil edilmediği, kapma kurtarma mekanizmasının tamamen battığı derin su yaklaşımının yapıldığı (yer çekimi etkisinin ihmal edildiği) senaryosunu temsil için oluşturulmuştur. Tamamen battığı durumun kapma kurtarma mekanizmasının akış yönündeki konumu aşağıdaki gibidir.



Şekil 5.4: Kondisyon-2

- c) **Kondisyon-3:** Bu kondisyonda analize serbest su yüzeyin etkisinin dahil edilmediği, kapma kurtarma mekanizmasının tamamen battığı serbest yüzey etkilerinin ihmal edileceği senaryosunu temsil oluşturulmuştur. Tamamen battığı durumun kapma kurtarma mekanizmasının akış yönündeki konumu aşağıdaki gibidir.



Şekil 5.5: Kondisyon-3



Şekil 5.6: Kurtarma Mekanizma Üstündeki Sayısal Ağ Örgüsü Gösterimi

### 5.3 Ampirik Metot

Ampirik yöntem, belirli bir deney veya gözlem setine dayanarak, genel bir kural veya formül elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Ampirik hesap, aşağıdaki şekilde gösterilen boyutsuz direnç formülasyonundan yola çıkılarak oluşturulmuştur:

**Çizelge 5.2: Ampirik Metot**

$F = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times C_d \times A$		
<u>Ana Değerler Dalga Kuvveti</u>		
Açıklama	Değerler	Birim
p ( Akışkan -Su- Yoğunluğu)	1025,90	Kg /m <sup>3</sup>
g (Yer Çekimi İvmesi)	9,81	m/s <sup>2</sup>
V (Akışkan Hızı)	2,50	Knots
V (Akışkan Hızı)	1,28	m/s
Cd (Direnç Katsayısı)	1,34	
F (Suyun İtme Direnç Kuvveti- Ana Gövde)	25,14	kN
F (Suyun İtme Direnç Kuvveti- Ana Gövde)	2,51	Ton
A (Mekanizma Alan- Tek Gövde)	22434377,00	mm <sup>2</sup>
A (Mekanizma Alan -Tek Gövde)	22,43	m <sup>2</sup>
F (Suyun İtme Direnç Kuvveti- Tek)	25142,51	N
F (Suyun İtme Direnç Kuvveti- Toplam)	7,54	Ton

Suyun yoğunluğu 1 Atmosfer basınç altında sıcaklığa bağlı olarak değişimi aşağıda tabloda sunulmuştur.

**Çizelge 5.3: Boyutsuz Direnç Formülasyonu**


$\underline{P}_{hydro} = p \times g \times \Delta h$		
<b>70 mt Derinlikteki Dış Basınç (Hydrostatik)</b>		
<b>p</b> ( Su Yoğunluğu)	1025	Kg /m <sup>3</sup>
<b>g</b> (Yer Çekimi İvmesi)	9,81	m/s <sup>2</sup>
<b>Δh</b> (Derinlik)	70	m
<b>Phydro</b> (Basınç)	703867,50	Pa
<b>Phydro</b> (Basınç)	<b>7,04</b>	<b>Bar</b>
<b>Phydro</b> (Basınç)	<b>0,70</b>	<b>Mpa</b>

Sıcaklık		Yoğunluk (1 atm)
°C	°F	kg/m <sup>3</sup>
0,0	32,0	999,8425
4,0	39,2	999,9750
15,0	59,0	999,1026
20,0	68,0	998,2071
25,0	77,0	998,0479
37,0	98,6	993,3316
100	212,0	958,3665

**Şekil 5.7:** Suyun Yoğunluk (1 Atmosfer basınç altında sıcaklığa bağlı) Değişimi

#### 5.4. Ampirik Direnç Formülasyonu

Boyutsuz direnç katsayısı levha projeksiyon alanına sahip cisimler için  $L/d=2$ 'de yaklaşık değeri 1.2 değeri kullanılmıştır. Oluşturulan kapma- kurtarma mekanizması modelinde yükseklik/genişlik değeri yaklaşık 2 değerindedir.

Rectangular plate: L=length d= width 	1	$>10^3$	1.16
	5		1.20
	20		1.50
	$\infty$		1.90

**Şekil 5.8:** Boyutsuz Direnç Katsayısını Seçimi

**Kaynak:** (Dong, 1978; Algantürk, 2007)

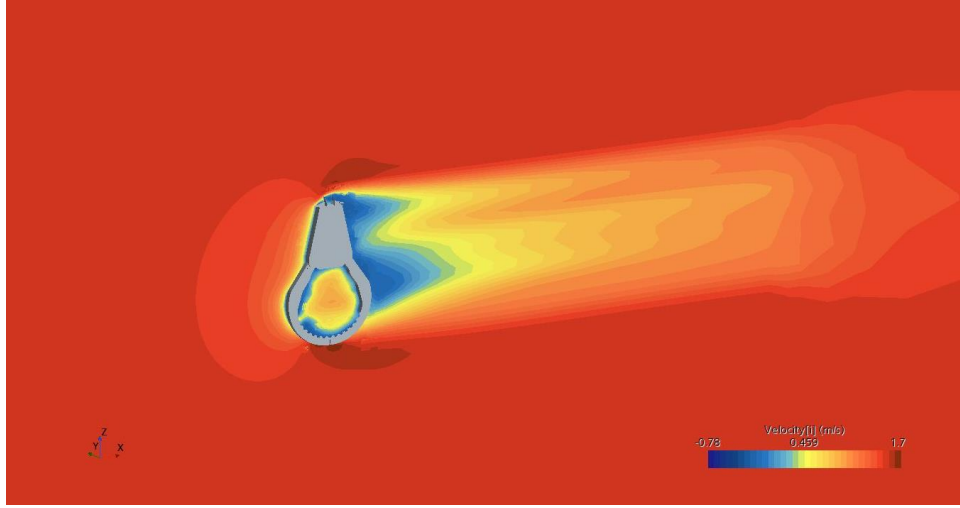
#### 5.4. Had Analizleri Değerlendirme

Kondisyonlara göre kuvvet değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Ampirik yöntem ile benzer sonuçlar elde edilmiş ve hesap doğrulanmıştır.

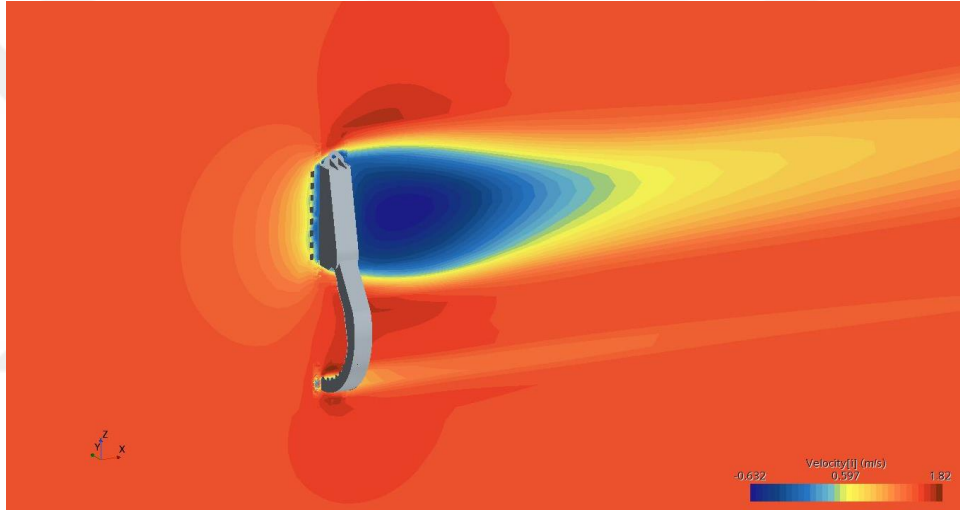
**Çizelge 5.4:** Kondisyonlara Göre Kuvvet Değerlerinin Karşılaştırılması

Kondisyon Sayısı	Akış Yönündeki Kuvvet	
	HAD Metodu	Ampirik Metot
Kondisyon-1	13200 N	16962 N
Kondisyon-2	12000 N	
Kondisyon-3	29000 N	33425 N

Kondisyon-1'den kapma kurtarma mekanizmanın serbest yüzey dalışın video görselleri Şekil 5.9 ve Şekil 5.10 gösterilmiştir.



**Şekil 5.9:** Kondisyon-2'deki Hız Konturu Görseli



**Şekil 5.10:** Kondisyon-3'teki Hız Konturu Görseli

## 6. DEĞERLENDİRME

Çalışmada, derin sulardaki batıkların kurtarılması için optimize edilmiş bir kapma kurtarma mekanizması tasarımını ve performansını incelenmiştir. En önemli özgülüğü geometrik serbest cisim diyagramları kullanılarak tasarlanan mekanizma, yaklaşık 12 metrelik bir kol açıklığı ve 1000 tona kadar kurtarma yapabilme yeteneğine sahip olmasıdır. Ayrıca, tek parça halinde kurtarılan batıkların çevreye verdiği zararı minimize etmek için optimize edilmiş bir tasarım sunmaktadır. Çalışmanın ana bulguları, optimize edilmiş mekanizmanın yüksek performansını ve etkinliğini vurgulamaktır. Bu mekanizma, derin sulardaki batıkların güvenli ve etkili bir şekilde kurtarılmasını sağlayarak, deniz çevresinin korunmasına katkıda bulunmaktadır. Özellikle, video kameralar, aydınlatma ve sensör setleri gibi ek özellikler, kurtarma operasyonlarının daha verimli ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olacaktır. Bu ekipmanlar, kurtarılan batıkların detaylı incelenmesi ve operasyonun daha iyi yönetilmesi için önemli bir rol oynamaktadır. Video kameralar, su altı ortamında gerçek zamanlı görsel bilgi sağlar. Operasyon sırasında, kurtarılan batıkların durumu ve çevresel koşulların izlenmesine olanak tanır. Ayrıca, bu kameraların kaydettiği görüntüler, operasyon sonrasında detaylı analizler için kullanılabilir. Aydınlatma sistemleri, su altı kurtarma operasyonlarında görünürlüğü artırmak için kullanılır. Özellikle derin sularda veya karanlık ortamlarda, doğru aydınlatma olmaksızın operasyonların yürütülmesi zor olabilir. Bu sistemler, operasyon alanını aydınlatarak çalışma koşullarını iyileştirir ve kurtarılan nesnelerin daha net bir şekilde görülmesini sağlar.

Sensör setleri, su altı ortamındaki çeşitli parametreleri izlemek ve ölçmek için kullanılır. Suyun sıcaklığı, basıncı, derinliği ve akıntı gibi faktörler, operasyonun güvenliğini ve etkinliğini etkileyebilir. Bu sensörler, operasyon sırasında çevresel koşulları sürekli olarak izler ve operasyonun güvenli bir şekilde yürütülmesini sağlamak için gerekli bilgileri sağlar. Tüm bu ek özellikler, su altı kurtarma operasyonlarının teknik karmaşıklığını azaltarak operasyonların daha verimli ve başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesine katkıda bulunur. Bu ekipmanlar, operasyon

ekibine detaylı bilgi sağlayarak karar alma süreçlerini iyileştirir ve operasyonun daha iyi yönetilmesini sağlar.

Su altı kurtarma operasyonları, zorlu ve tehlikeli ortamlarda gerçekleştirilen görevlerdir. Bu operasyonların başarısı için, yüksek dayanıklılık ve verimliliğe sahip kapma mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, Tel Ark Eklemeli İmalat (WAAM) adı verilen yenilikçi bir üretim teknolojisi, bimetallik kapma dişlerinin imalatı için önemli bir potansiyel sunmaktadır. WAAM yöntemi, erimiş metal telin bir robot kolu tarafından yönlendirilmesi ve kademeli olarak katmanlar halinde iş parçası üzerine serilmesi prensibine dayanan bir üretim yöntemidir. Bu yöntemin temel avantajları arasında geometrik esneklik, malzeme çeşitliliği ve yüksek katman bağlama mukavemeti bulunmaktadır. Bimetallik kapma dişleri, farklı metal türlerinin bir araya getirilmesiyle WAAM yöntemiyle üretilebilir. Yüksek mukavemetli çelik, paslanmaz çelik ve aşınma dirençli alaşımların birleşimiyle oluşturulan bu dişler, mekanizmanın dayanıklılığını, korozyon direncini ve aşınma direncini artırarak operasyonların verimliliğini artırır. Bimetallik kapma dişlerinin kullanımı, su altı kurtarma mekanizmalarına artırılmış dayanıklılık, geliştirilmiş işlevsellik, uzun ömür ve daha verimli kurtarma operasyonları gibi bir dizi avantaj sağlar. Ayrıca, çevresel korumaya da katkıda bulunarak daha sürdürülebilir bir yaklaşım sunar. Gelecekte yapılacak çalışmalar, Robotik Tel Ark Eklemeli İmalat (WAAM) yöntemi kullanılarak bimetallik kapma dişlerinin üretimini daha da iyileştirmeyi ve mekanizmanın genel performansını artırmayı hedefleyebilir. Bu araştırmalar, farklı metal türlerinin birbiriyle uyumluluğunu detaylı bir şekilde inceleyerek, bimetallik dişler için en uygun malzeme kombinasyonlarını belirleyebilir. Ayrıca, bu dişlerin geometrik tasarımları üzerinde yapılacak yenilikçi değişiklikler mukavemeti daha yüksek ve dayanıklı ürünler elde edilmesini sağlayabilir. WAAM ile üretim parametrelerinin optimize edilmesi, üretim sürecinin verimliliğini ve son ürün kalitesini artırarak, bimetallik dişlerin performansını maksimize edebilir. Bu teknolojik gelişmelerin yanı sıra, elde edilen bimetallik dişlerin mekanik özellikleri ve dayanıklılığı üzerine deneysel testler yapılması, ürünlerin saha uygulamalarındaki performansını anlamak için kritik öneme sahiptir. Sonuç olarak, bu iyileştirmeler, su altı kapma kurtarma operasyonlarını daha verimli ve güvenli hale getirecek, aynı zamanda endüstriyel uygulamalar için daha sağlam ve dayanıklı malzemelerin kullanılmasını sağlayacaktır.



## KAYNAKÇA

- [1] Lee, M.; Jung, J.Y.; Park, K.C.; Choi, S.H. Environmental and economic loss analyses of the oil discharge from shipwreck for salvage planning. *Mar. Pollut. Bull.* 2020, 155, 111142.
- [2] Yan, Y.; Jin, H.; Zhang, Y.; Wang, J.; Guo, J. Statistical analysis of typical ship accidents in past 4 years and review of salvage equipment in China. In *Proceedings of the 5th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS)*, Liverpool, UK, 14–17 July 2019.
- [3] Çiftçi, Ç. (2013). *Batıklardan Kaynaklanan Kirlilik ve Uluslararası Batıkların Çıkarılması Sözleşmesi Uygulamaları. (Yüksek Lisans Tezi)*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Bölümü, Ankara.
- [4] Dean, M.S. *Salvage Operations*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2016; Volume 158, pp. 985–1066.
- [5] Alpay, C. G. (2015). *Büyükşehir Belediyeleri Deniz Kirliliği Önleme Çalışmaları ve Öneriler (Yüksek Lisans Tezi)*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- [6] Abdullahzade, C. (2009). *Gemilerden kaynaklanan petrol kirliliği: Türk hukukundaki son gelişmelerin değerlendirilmesi*. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 58(4), 693-710.
- [7] AFAD. (2014). *Deniz Kirliliğine Neden Olan Kazalar Yol Haritası Belgesi*, [https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/3912/xfiles/denizcilik\\_kazalari\\_son1.pdf](https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/3912/xfiles/denizcilik_kazalari_son1.pdf), Erişim Tarihi: 11.12.2020.
- [8] Aşan, C., Özsoy, B., Şihmantepe, A., ve Solmaz, M. S. (2020). A case study on oil pollution in Istanbul Strait: Revisiting 1994 Nassia tanker accident by utilising Potential Incident Simulation Control and Evaluation System (PISCES-II) simulation. What would be different in terms of response if Nassia accident happened today? *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110813.

- [9] Aşan, C. (2021). Türkiye'nin denizel çevre kirliliğine müdahale sahaları. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 13(2), 231-246. <https://doi.org/10.18613/deudfd.1033131>
- [10] Çoban, C. (2015). Yazılı ve Sözlü Kaynakların Anlatımı ile Turgutreisli Bir Deniz Şehidi: Emin Süzen (1931-1953). Kesit Akademi Dergisi , 91.
- [11] Deniz Kaza ve Olaylarını İnceleme Yönetmeliği. (2022, Şubat (<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/11/20191127-1.htm>))
- [12] Batur, F. (2023). Türkiye'deki Deniz Kazaları Üzerine Bir Değerlendirme: Dumlupınar Faciası Örneği. International Academic Social Resources Journal, 8(49), 2678-2683. <http://dx.doi.org/10.29228/ASRJOURNAL.69631>
- [13] Zhang, T., Qin, S., Wang, X., & Tang, J. (2018). Deep-sea search and recovery: with and without operating an underwater vehicle. Ocean Science Discussions, <https://doi.org/10.5194/os-2018-88>.
- [14] Tong, M. H., Wang, Y. M., & Qiu, H. Q. (2013). Research on deep-sea super heavy-load salvage grab's penetrability through sunken ship deck. Ocean Engineering, 205, 108427.
- [15] Nan, Y., Long, F., Yun, F., Yao, S., Wang, L., Li, K., Wang, P., Liu, M., & Li, Z. (2022). An Arm-Claw-Type Manipulator for Rapid Deep Water Salvage with a General Support Vessel, Part A: Prototype and Test. Ocean Engineering, 205, 108427.
- [16] Guo, G., Zhang, Q., Zhang, Y., Tan, W., Tao, Z., & Ma, S. (2022). Adaptive neural network projection analytical fault-tolerant control of underwater salvage robot with event trigger. Frontiers in Neurorobotics, 16, 1082251.
- [17] Valdy, P., & Mearns, D. (2000). Deep-sea salvage tool GRAB: Experiences and applications for nuclear and oil recovery from deep-sea wrecks. [https://www.researchgate.net/publication/241793633\\_Development\\_of\\_A\\_Conrollable\\_Grab\\_System\\_For\\_Deep\\_Water\\_Recovery](https://www.researchgate.net/publication/241793633_Development_of_A_Conrollable_Grab_System_For_Deep_Water_Recovery)
- [18] Xue, S., Chen, Z., Ren, Q., Wang, Y., Cao, S., Han, C., & Zhang, D. (2019, November 11-13). Technical countermeasures research on deep sea shipwreck water cutting engineering [Paper presented at the 2019 WJTA Conference and Expo, New Orleans, LA].

- [19] Doran, K. (2013). Drift on the high seas: The application of maritime salvage law to historic shipwrecks in international waters. *Marine Policy*, 28(5), 445-454.
- [20] Bruzzone, L. E., Cavallo, E. M., Michelini, R. C., Molfino, R. M., & Razzoli, R. P. (2000) The design of a robotic equipment for deep-sea maintenance operations.  
[https://www.academia.edu/74867919/The\\_Design\\_of\\_a\\_Robotic\\_Equipment\\_for\\_Deep\\_Sea\\_Maintenance\\_Operations](https://www.academia.edu/74867919/The_Design_of_a_Robotic_Equipment_for_Deep_Sea_Maintenance_Operations)
- [21] Wang, Y., Zhang, Y., Li, C., Wang, X., Liu, X., & Zhang, J. (2019). An arm-claw-type manipulator for rapid deep water salvage with a general support vessel, part A: Prototype and test. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(6), 715.
- [22] Dehkordi, S. F. (2021). Dynamic analysis of flexible-link manipulator in underwater applications using Gibbs-Appell formulations. *Ocean Engineering*, 234, 110057. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110057>
- [23] <https://tgs-grabs.nl/products/hydraulic-grabs/hydraulic-salvage-grab/>
- [24] Dong, R. G. (1978). Effective Mass and Damping of Submerged Structures.
- [25] Mohammed, G. G., Messerman, A. F., Mayhan, B. D., & Trauth, K. M. (2016). Theory and Practice of the Hydrodynamic Redesign of Artificial Hellbender Habitat. *Herpetological Review*, 47(4), 586–591.
- [26] Algantürk, S.D. (2007). Enkazın Kaldırılmasına İlişkin Uluslararası Nairobi Konvansiyonu, 2007. İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, Hukuk Özel Sayısı, 6(12), 149-161.
- [27] Başbakanlık. (2010). Limanlar Kanunu, K. No: 618. Resmi Gazete Sayısı: 95.
- [28] International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. (2008). Guidelines on Biological Impacts on Oil Pollution. IPIECA Report Series, 1, 1-20.
- [29] Güven, K.C., & Öztürk, B. (Eds.). (2002). Deniz Kirliliği (No. 21). TÜDAV Yayınları. 118-119; 138-139; 147-160

- [30] Gürol, U., Turgut, B., Güleçyüz, N., Dilibal, S., & Koçak, M. (2021). Development Of Multi-Material Components Via Robotic Wire Arc Additive Manufacturing. *International Journal of 3D Printing Technology in Digital Industry*, 5(3), 721-729.
- [31] Gurol U., Kocaman E., Dilibal S., Kocak M. (2023) A comparative study on the microstructure, mechanical properties, wear, and corrosion behaviors of SS 316 austenitic stainless steels manufactured by casting and WAAM technologies, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 47, 215-227.
- [32] Gurol U., Tumer M., Dilibal S. (2023) Experimental Investigation of Wire Arc Additively Manufactured Inconel 625 Superalloy, *Transactions of the Indian Institute of Metals* 76 (5), 1371-1379.
- [33] Gurol U., Turgut B., Kumek H., Dilibal S., Kocak M. (2023) Fabrication and Characterization of Wire Arc Additively Manufactured Ferritic-Austenitic Bimetallic Structure, *Metals and Materials International*.
- [34] Gurol U., Dilibal S., Turgut B., Koçak M (2022) Characterization of a low-alloy steel component produced with wire arc additive manufacturing process using metal-cored wire, *Materials Testing* 64 (6), 755-767. doi.org/10.1515/mt-2021-2155.
- [35] Gürol, U., Dilibal, S., Turgut, B., Baykal, H., et al. (2022). Manufacturing and characterization of WAAM-based bimetallic cutting tool. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 6 (3), 548-555. <https://doi.org/10.46519/ij3dptdi.12108368>
- [36] <https://www.shivashipping.com>, Erişim 14.12.2022

## ÖZGEÇMİŞ

**Zeynep ÖZKAN**

### ÖĞRENİM DURUMU:

- İstanbul Gedik Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Tezli YL, 2022-20024
- Bülent Ecevit Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Tasarım Eğitimi, 2006- 2009

### MESLEKİ DENEYİM:

- Advens- Sonitus Mühendislik A.Ş, Tasarım& Arge Mühendisi, 2021 – Halen
- AES Denizcilik Sistemleri & Mühendislik Taahhüt, Tasarım& Arge Mühendisi, 2013 – 2017
- Hidropar Hareket Kontrol Teknolojileri Merkezi San. ve Tic. A.Ş, Tasarım& Arge Sorumlusu, 2006 – 2013